dibam | DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS, ARCHIVOS Y MUSEOS
EL PATRIMONIO DE CHILE



Subdirección Nacional de Museos



MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO

ANALES



DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO

ISSN 0716-0178

VALPARAÍSO . CHILE

COLABORADORES











ISSN 0716-0178/An.Mus.Hist.Nat.Valpso. Vol.29 2016/Valparaíso/CHILE

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO/ VOL 29/ 2016

Diseño/Andrea Vivar

dibam | DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS, ARCHIVOS Y MUSEOS
EL PATRIMONIO DE CHILE



Subdirección Nacional de Museos



MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO

ANALES

DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO

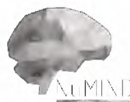
ISSN 0716-0178

VALPARAÍSO . CHILE

COLABORADORES


Universidad de Valparaíso CHILE


UNIVERSIDAD ANDRES BELLO







ISSN 0716-0178/An.Mus.Hist.Nat.Valpso. Vol.29 2016/Valparaíso/CHILE

EDICIONES DE LA DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS, ARCHIVOS Y MUSEOS



Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso, ISSN 0716- 0178 (versión impresa)fundada en el año 1968, es una publicación anual publicada por el Museo de Historia Natural de Valparaíso y la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos destinada a difundir y aportar al nuevo conocimiento a través de la publicación de trabajaos originales e inéditos referidos a temas relacionados con el área de las ciencias naturales, arqueología y antropología principalmente de la Región de Valparaíso y la Zona Central de Chile, dirigida a especialistas y público en general.

La revista publica artículos científicos originales; artículos de revisión; notas breves; reseñas históricas; revisiones de metodología; recensiones bibliográficas y artículos de opinión, acogiéndose a las normas definidas por el Comité editorial disponibles en cada ejemplar.

Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso se encuentra en el Directorio de LATINDEX (Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal), Pascal, Periódica (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias) y Zoological Record.

Consultas, suscripción y canje a:
Vivian Cordero Peñafiel - Bibliotecóloga
Museo de Historia Natural de Valparaíso
Contacto: bibioteca.mhnv@museosdibam.cl

Lugar de edición
Edición 650 ejemplares
Museo de Historia Natural de Valparaíso
Condell 1546, casilla 3208, correo 3
Valparaíso, Chile.

INDICE

N° 29 **2016**

INDICE

N° 29 **2016**

PRÓLOGO

Me alegra presentar el Volumen número 29 de nuestra publicación científica, ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO, creada en el año 1968, continuando con las temáticas de las Ciencias Naturales, Arqueología, Antropología y otras disciplinas del conocimiento del Medio Ambiente.

Esta revista es el vínculo de los científicos con nuestra institución, siendo una de las pocas en su especialidad en la región de Valparaíso. Actualmente la revista tiene un intercambio con 20 países como ; Alemania, Argentina, Austria, Bélgica, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Holanda, Italia, Japón, Perú, Polonia, Suiza y Venezuela. Los que nos ha permitido intercambiar más de 53 revistas con los 20 países antes mencionados.

Este año 2016, de enero a octubre se han sumando 162 nuevos ejemplares a la colección de hemeroteca del Museo, destacando este año 2016 el inicio del canje con la publicación Actualidades Biológicas de Colombia. Esta revista de carácter semestral es especializada en la publicación de manuscritos resultantes de investigaciones en ciencias biológicas entre las revistas latinoamericanas, perteneciente a la Universidad de Antioquía.

La hemeroteca del Museo de Historia Natural de Valparaíso cuenta con un importante material, entre ellos podemos destacar publicaciones que datan desde el 1800 con un gran valor intelectual, como lo son la publicación francesa Magasin de Zoologie (1832) o las Actes de la Société Scientifique du Chili la cual es una de las revistas científicas chilenas más importantes que empezaron a publicarse en 1891, y es a la primera sociedad a la cual perteneció el reconocido científico y director del Museo de Historia Natural de Valparaíso, Carlos E. Porter. También contamos con el Boletín del Museo de Valparaíso y la Revista Chilena de Historia Natural, los cuales fueron los órganos oficiales del Museo de Historia Natural de Valparaíso desde 1897 a 1911 para difundir las investigaciones en torno a las ciencias naturales.

La difusión de la revista no solo es impresa, además está a disposición a través de la página del museo www.mhnv.cl, También está disponible en: ISSUU para ser leída, descargada y compartida https://issuu.com/hemerotecamuseodevalparaiso, ajustando la Revista a los nuevos tiempos.

Es un orgullo para este Museo que cumplirá 139 años de vida, tener esta revista precursora de la ciencia en el país.

Loredana Rosso Elorriaga
Directora
Museo de Historia Natural de Valparaíso.

ANALES
DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 29, 2016
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

PRÓLOGO

NEUROECOLOGIA: NUESTRO CEREBRO, EL MEDIO AMBIENTE Y LA COMUNIDAD

El comportamiento de un organismo es controlado por el sistema nervioso central, mediante procesos biológicos que han sido establecidos y refinados a través de la evolución. Los resultados de la interacción entre individuos (a través de su comportamiento) tienen profundas consecuencias en las comunidades y poblaciones. Del mismo modo, la relación de los individuos con la naturaleza influye en estas consecuencias. De hecho, el impacto de las conductas globales de una población, así como su interacción con el medio ambiente, repercute fuertemente en el comportamiento individual. Existe aquí un área relativamente reciente de conocimiento llamada *Neuroecología*, ciencia que investiga las consecuencias de dichas interacciones, proponiendo un continuo que va desde las bases neuronales de la conducta individual (neuroetología) hasta la conducta de poblaciones (ecología). El objetivo central del *Núcleo Milenio "Biología de las enfermedades Neuropsiquiátricas" (Nu-MIND)* es investigar y comprender las bases biológicas de algunos trastornos del sistema nervioso central, y dado que muchas de estas patologías comprometen cambios en la vulnerabilidad de los individuos a alteraciones ambientales, resulta de mucho interés generar un espacio de difusión y discusión científica en torno a la Neuroecología.

Gracias al financiamiento de la Iniciativa Científica Milenio, un programa gubernamental que es parte del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, más el apoyo del Centro Interdisiciplinario de Neurociencias de Valparaíso (CINV), del Centro de Neurobiología y Plasticidad Cerebral (CNPC) de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valparaíso, y del Museo de Historia Natural de Valparaíso, fue posible desarrollar este primer ciclo de seminarios denominado *"Neuroecologia: Nuestro cerebro, el medio ambiente y la comunidad"*. En este ciclo, científicos de áreas tan diversas como la ecofisiología, ecología, neurociencia, psicología social, neurociencias cognitivas y psiquiatría discutieron, en un lenguaje simple y cotidiano, cómo el medio ambiente regula o modifica el sistema nervioso central generando comportamientos. Algunas de las ponencias, que forman hoy parte de este número de los Anales del Museo de Historia Natural, nos permitieron comprender, por ejemplo, cuál es el papel que juega la luz en los comportamientos de una especie; desde cómo el huso horario es capaz de modificar nuestro reloj biológico y alterar así nuestros comportamientos, hasta cómo el color es importante en la generación de patrones de comunicación en mamíferos. Por otro lado, comprendimos la importancia de las señales sonoras (*en aves)* o el lenguaje (*en humanos)* en la generación de comportamientos en las especies. Del mismo modo, pudimos apreciar cómo diferentes estímulos, presentes en el ambiente en el cual se desenvuelve una especie, impactan sobre el comportamiento tanto a nivel individual como colectivo. También comprendimos la importancia de las interacciones de microorganismos simbiontes con mamíferos, y cómo variaciones de estas relaciones pueden afectar el comportamiento social animal.

Gracias a este ciclo de seminarios logramos generar una discusión amplia de los procesos biológicos que subyacen la función del sistema nervioso central para generar comportamientos. El interés generado en el público sobrepasó las expectativas iniciales, lo que sin duda nos motiva a continuar esta alianza con el Museo de Historia Natural de Valparaíso, para el establecimiento de canales de proyección al medio externo del quehacer científico tanto regional como nacional. Es de esperar que las transcripciones aquí presentadas puedan, de alguna manera, generar nuevas herramientas y perspectivas en el estudio de un área tan diversa, pero apasionante, como es el estudio del sistema nervioso central y su adaptación y vulnerabilidad ante numerosos estímulos medio ambientales.

Dr. Andrés E. Chávez[1] *& Dr. Pablo R. Moya*[2]
Núcleo Milenio NuMIND*

* Centro Interdisciplinario de Neurociencia de Valparaíso, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Valparaíso 2340000, Chile.
[1] Instituto de Neurociencia1, Centro Interdisciplinario de Neurociencia de Valparaiso,
[2] Instituto de Fisiologia, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaiso, Valparaiso 2340000, Chile.

EDITORIAL

Cada minuto del día, los millones de células de nuestro cerebro envían y reciben señales que influyen en nuestra vida mental, desde nuestros recuerdos hasta nuestras emociones.

Para que el cerebro no se vea sobrepasado por este torrente sinfín de información, las células cerebrales actúan en conjunto para seleccionar y priorizar la información. Un proceso Maravilloso!!, que queda explicito al momento que cada unos de los científicos que participan en el presente volumen se han propuesto generar una idea para investigar. Resultado de esta apreciación del estado humano, es que durante el año 2016 el Museo de Historia Natural de Valparaíso junto al *Núcleo Milenio "Biología de las enfermedades Neuropsiquiátricas" (Nu-MIND)*, de la Universidad de Valparaíso, desarrollaron el primer ciclo de seminarios denominado *"Neuroecologia: Nuestro cerebro, el medio ambiente y la comunidad"*.

Instancia que jóvenes estudiantes y público general pudieron compartir temas sobre la conducta animal y su estrecha relación con el sistema nervioso. Y que su accionar, provoca sin duda, respuestas positivas o negativas al interior de una población en especial sobre la reproducción, alimentación y reconocimiento.

Finalmente, pero sin escapar del tema, el presente volumen reúne estudios básicos naturalistas y científicos que abordan temas de conductas como la caza de ballenas, de ecología botánica y de invertebrados, o de procesos cognitivos de culturas ancestrales.

Quedan todos invitados a continuar investigando.

Sergio Quiroz Jara
Editor en Jefe
Revista Anales
Museo de Historia Natural de Valparaíso

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO | Volumen 29, 2016. Páginas 9-13
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

COMO ELEGIR UN HORARIO PARA CHILE

*John Ewer Lothian**

Resumen: Nuestro reloj biológico determina cuando dormimos y cuando despertamos y es sincronizado a la hora local utilizando los ciclos planetarios de luz y oscuridad. Desfases entre nuestro horario interno y la hora del amanecer resultan en déficits crónicos de sueño ya que causan que el despertador interrumpa prematuramente nuestro sueño en un día de trabajo, afectando negativamente nuestro desempeño y nuestra salud. Puesto que los jóvenes se despiertan naturalmente más tarde son el segmento más vulnerable de la población. Los países deberían elegir un horario para el cual el amanecer ocurre cerca de la hora en que debe despertar la mayoría de la población en un día de trabajo, y mantenerlo durante todo el año. Para latitudes alejadas del ecuador ello significará que oscurecerá temprano durante el invierno; sin embargo retrasar el horario del amanecer para así tener más horas de luz en la tarde aumentará el déficit de sueño, con consecuencias todas negativas para la salud y el desempeño. En los últimos años Chile ha elegido horarios que se alejan del horario recomendable basado en una extensa literatura científica y clínica sobre el tema. Es hora que Chile adopte una estrategia racional para elegir un horario para el país.

Palabras claves: Reloj circadiano; reloj biológico; cronotipo; jetlag social; sueño.

Abstract: Our biological clock determines when we sleep and when we wake up, and is synchronized to local time using the planetary light-dark cycles. A lack of alignment between our internal clock and dawn causes chronic sleep deficits because the alarm clock prematurely cuts short our sleep during work days, which negatively impacts our health and performance. Since adolescents naturally wake up later, they are the most vulnerable segment of the population. Countries should choose a time zone for which dawn occurs close to the time when most people wake up during a work day; and it should be maintained without change during the entire year. For latitudes far from the Equator this will cause the sun to set early in the afternoon; however, choosing a time zone that delays dawn in order to have more hours of light in the afternoon will increase the sleep deficit, with consequences on health and performance that are all negative. In the last few years Chile has changed the country's time in ways that are not consistent with a large body of scientific and clinical literature. It is time for Chile to adopt a rational strategy to choose the country's time.

Keywords: Circadian clock; biological clock; chronotype; social jetlag; sleep.

*Centro Interdisciplinario de Neurociencia, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile, john.ewer@uv.cl, Tel: 56-32-250-8187.

INTRODUCCIÓN

Vivimos en un mundo dominado por la luz artificial y en el cual existe una diversidad de horarios de trabajo. Por ello en general no pensamos en el horario solar, aquel que indica cuando se levanta y cuando se acuesta el sol. ¿Qué importancia podría tener este horario si es el despertador el que despierta a la mayoría de las personas y si para muchos los horarios de trabajo no son los apropiados para una especie diurna como la nuestra? Además un país raramente cambia su horario, por lo que el tema del horario solar raramente es discutido. A lo más se discuten las consecuencias del adelanto y retraso de los horarios que ocurre en la primavera y en el otoño, en aquellos países que lo realizan.

Recientemente en Chile el tema del horario ha tenido mayor visibilidad porque durante los últimos años se ha experimentado cambiando la fecha en que se inician los horarios de invierno y de verano, y porque durante todo el 2015 se mantuvo el horario de verano. Esta última decisión en particular causó polémica y tuvo efectos negativos sobre todo para los jóvenes, evidenciado por el incremento en el ausentismo escolar que aumentó a 18.9% en junio 2015 comparado con un promedio de 16.5% para los 3 años anteriores (Comité Interministerial Cambio de Hora, 2016). Quizás esta fue la primera vez que muchos chilenos se dieron cuenta que no somos un reloj de arena que puede funcionar igual de bien a cualquier hora; eso sabiendo sin embargo que, por ejemplo, es más difícil realizar entre 2 y 4 AM actividades que requieren de atención.

Aquí explicaremos porqué el horario solar es importante para todos los animales incluyendo los humanos, y cuáles son las consecuencias de elegir horarios incorrectos. También analizaremos la situación de Chile, y daremos recomendaciones sobre cual pensamos sería el mejor horario para todo Chile, incluyendo las regiones del extremo sur del país.

LA BIOLOGÍA DE LOS HORARIOS

Somos una especie diurna, es decir que nuestra actividad se concentra durante el periodo con luz solar del ciclo de luz-oscuridad del planeta.

Sin embargo, nuestro despertar no es una simple respuesta a la llegada de la luz del día, sino que es el resultado del funcionar de un reloj interno llamado reloj circadiano, ajustado dependiendo del déficit de sueño que tenemos.

Un reloj circadiano (*circadiano*, o sea de periodicidad *cercana* a un *día*) se encuentra en todos los animales y plantas y refleja el hecho que toda la vida evolucionó en la Tierra, un planeta donde se repiten cada 24 horas ciclos de luz/oscuridad y calor/frío. Tanto la llegada de la luz (y del calor) como la llegada de la noche (y del frío) son importantes para todos los seres vivos: por ejemplo, las plantas necesitan de luz para realizar fotosíntesis y ponen en marcha la maquinaria fotosintética para que esté lista cuando llegue la luz; los reptiles e insectos no regulan bien su temperatura corporal y por lo tanto son más vulnerables durante la noche y por ello buscan un lugar seguro antes de la llegada de la oscuridad.

En nosotros la actividad del reloj biológico es evidente para cualquiera que ha viajado y atravesado varias zonas horarias: al día siguiente despertaremos siguiendo más o menos el horario del lugar de origen, no el del destino. Además de regular nuestro estado de alerta, el reloj regula un sin número de otras funciones internas, como ritmos de temperatura y de hormonas, entre ellas de melatonina, la "hormona de sueño", y de glucocorticoides, los cuales regulan muchas funciones en muchos tejidos, como por ejemplo, la respuesta inflamatoria de los pulmones.

La luz tiene un poderoso efecto sobre el reloj ya que dictamina cuando comienza el día. Normalmente este efecto es difícil de evidenciar porque cada día el sol se levanta aproximadamente a la misma hora, por lo que es difícil saber si uno se despertó porque su reloj interno se lo ordenó o porque se levantó el sol. El hecho que en ausencia de despertador algunas personas normalmente se despiertan antes del amanecer mientras que otras normalmente se despiertan más tarde indica que el despertar no es una simple respuesta a la luz. Otras situaciones también lo hacen evidente, por ejemplo el viajar cruzando varias zonas horarias. El desfase horario que se experimenta el primer día se va reduciendo paulatinamente (aproximadamente 1 día por hora de desfase con el horario de origen), como resultado de la acción de la luz solar sobre el reloj. Durante este periodo nuestro reloj biológico seguirá funcionando normalmente, pero "su alba" se irá ajustando al nuevo horario debido a la acción de la luz solar sobre él.

En un mundo como el nuestro, lleno de luz artificial, uno podría preguntarse, ¿cuán importante es realmente la luz solar comparado con todas las otras fuentes de luz? ¿No será que ésta perdió su posición privilegiada? Notablemente, esto no es así, debido a que la luz solar es tremendamente intensa comparada con la intensidad de cualquier luz artificial: por ejemplo, la intensidad

de la luz en una oficina bien iluminada es aproximadamente 10 mil veces menos intensa que la de un día de sol. Estudios poblacionales realizados en Alemania que determinaron la relación entre longitud (ubicación en el eje oeste-este) y hora de despertar en ausencia de despertador (Roenneberg, *et al.*, 2007) muestran que la población se despierta 4 minutos más tarde por cada grado de desplazamiento hacia el oeste, que es justamente el tiempo que toma el sol en atravesar esta distancia. El número exacto fue de 34.2 minutos para los 9° de longitud que cubre Alemania de oeste a este, lo cual corresponde a 3.8 minutos por grado; la diferencia entre 4.0 y 3.8 minutos por grado refleja la pequeña contribución de otras influencias, e incluye luz artificial, ya que la discrepancia fue más pronunciada en ciudades de mayor población. Este experimento deja en evidencia la precisión con la cual nosotros los humanos seguimos el horario del sol. No nos damos cuenta de ello simplemente porque somos esclavos del despertador, pero se vuelve evidente en aquellos días en que permitimos que sea nuestro reloj biológico el que nos despierte.

Las poblaciones humanas varían en cuando se duermen—algunos son más alondras, otros más búhos; además algunos duermen más que otros. Sin embargo, estas dos medidas son esencialmente independientes, aun cuando varían con la edad y el sexo. El promedio para una población adulta que se despierta sin despertador es dormirse alrededor de la medianoche y despertar alrededor de las 8AM. Sin embargo, el rango de horarios es grande; por ejemplo, la hora del inicio del sueño abarca entre las 22hrs y las 3AM; el número de horas de sueño también varía, siendo la duración más común de 7.5-8h, pero aproximadamente la mitad de la población duerme más que ello. En un día de trabajo el despertador en general nos despierta antes de las 8AM. Sin embargo nos dormimos aproximadamente a la misma hora que en días “libres”; así la diferencia entre el horario del despertador y el horario de nuestro despertar natural causa el llamado “jetlag social” (Wittmann, *et al.*, 2006), que es de al menos 1-2 horas en toda la población. Este déficit crónico de sueño tiene consecuencias sobre nuestro estado de alerta, afectando nuestro desempeño. También tiene consecuencias a largo plazo sobre nuestra salud: causa aumentos en el riesgo de obesidad (Roenneberg, *et al.*, 2012), lo cual puede causar hipertensión y diabetes; también está asociado a un aumento en la depresión y en el consumo de tabaco, de alcohol y de cafeína (Wittmann, *et al.*, 2006); todos estos riesgos aumentan cuanto mayor es el déficit de sueño.

CHILE: UN DESORDEN HORARIO

Basado en estos análisis, ¿qué pasaría si el sol se levantara una hora más tarde? Esto equivale a viajar a un lugar un huso horario hacia el oeste con respecto a nuestra ubicación inicial. Una vez estabilizado, nuestro reloj biológico nos despertaría aproximadamente una hora más tarde. En ese lugar el horario también estará retrasado; por ello, si en nuestro lugar de residencia el despertador nos despierta a las 6AM (unas 2 horas antes de lo que nos despertaría nuestro reloj biológico), en el nuevo lugar también nos despertaría a las 6AM hora local, causando la misma deuda de sueño de 2h. ¿Qué pasaría ahora si vivimos en este lugar ubicado un huso horario hacia el oeste, pero por razones particulares debemos continuar funcionando bajo el horario de nuestro lugar de origen? En este caso el despertador nos despertaría a las 5AM hora local (6AM hora de nuestro lugar de origen), causando un déficit de sueño de 3h.

Esta situación imaginaria parece muy artificial. Sin embargo, consideremos el experimento que vivimos en Chile el 2015. Este año se mantuvo durante todo el año el horario de verano, lo cual geográficamente corresponde al huso de Argentina y Brasil. Ello significó que el sol se levantó después de las 8AM entre abril y septiembre, casi la mitad del año (entre junio y julio se levantó casi a las 9AM). Aparte de tener la mayoría de la población que despertar y funcionar a oscuras, el efecto neto sobre nuestro desempeño y sobre nuestra salud fue equivalente al de la situación imaginaria descrita anteriormente: nuestro reloj biológico nos despertó 1h más tarde que usando el horario de invierno, pero el despertador nos despertó a la misma hora. Resultado neto: cerca de una hora adicional de déficit de sueño para la mayoría de la población.

La situación es en realidad más compleja que la descrita porque, así como existe diversidad en los horarios naturales de las personas, estos también varían con la edad de tal manera que a partir de aproximadamente los 15 años de edad un adolescente se despertará naturalmente entre 1 y 2h mas tarde que un adulto mayor de 35 años. O sea si en el 2015 terminamos con una hora adicional de déficit de sueño, el impacto fue mayor en los niños y adolescentes porque ellos ya tienen un mayor déficit de sueño. Aparte del efecto sobre la salud, ello sin duda que tuvo un impacto sobre el aprendizaje y el desempeño, por lo que cabe preguntarse ¿de qué sirve una iniciativa de ofrecer educación gratuita si las primeras horas del día están perdidas porque los alumnos están dormidos? y ¿es sorpresa que mantener el horario de verano durante todo el año causó un aumento en el ausentismo escolar? Ciertamente que no.

Reconociendo que los adolescentes se despiertan naturalmente más tarde que los adultos algunos países están experimentando retrasando la hora de entrada al colegio. Por ejemplo, un extenso experimento realizado en escuelas de Minnesota (Wahlstrom, *et al*., 2014) en el cual retrasaron el horario de entrada a las 8:30 no dejó ninguna duda que permitir a más del 60% de los alumnos dormir al menos 8h por noche tuvo efectos notables (aunque esperables) sobre el desempeño y el ausentismo, los cuales aumentaron y disminuyeron, respectivamente; y en alumnos que estaban en edad de manejar (16-18 años) el número de accidentes de tránsito se redujo en 70%. Así, responder de manera proactiva a las condiciones impuestas por la biología puede traer beneficios importantes; en Chile se elige el camino opuesto, que es el de gobernar por Decretos promulgados de manera antojadiza que no consideran el impacto de los horarios sobre el desempeño y la salud.

HORARIOS DE INVIERNO Y DE VERANO

Muchos países "cambian la hora", adelantando los relojes en la primavera y retrasándolos en el otoño. La motivación original fue el ahorro de energía, puesto que al alargarse el día en la primavera y en el verano, las horas de luz de la mañana pueden trasladarse a la tarde, lo cual significa un mayor número de horas del día con luz solar y un menor uso de energía eléctrica. Hoy en día el argumento energético ya no es tan relevante porque el consumo eléctrico utilizado en iluminación es ahora una pequeña fracción del total (10% para EEUU, según el USA Department of Energy; www.eia.gov). Sin embargo muchos países mantienen el uso de dos horarios para así ofrecer a su población más horas de luz en las tardes durante la primavera y el verano.

A pesar de ello, la recomendación basada en la biología sería de eliminar los cambios de horario. Esto porque el cambio de horario de la primavera, en el cual el amanecer se adelanta, significa que las personas se despiertan con un déficit de 1h sueño adicional; este cambio agudo puede causar incrementos en el número de accidentes; más aún, está asociado a un aumento de 5% en la frecuencia de ataques de corazón (Janszky, *et al*., 2012). Y puesto que el sol se levanta 1h más tarde por algunas semanas después del cambio de horario, el déficit adicional de sueño es crónico mientras se mantenga esta condición. En respuesta a esta situación, algunos países europeos han solicitado a la Unión Europea eliminar los cambios de horario: las ventajas en términos de ahorros en materia energética ya no existen, dejando al descubierto solamente las desventajas de esta medida sobre la salud y el desempeño. A pesar de ello, las encuestas realizadas en Chile por el Comité Interministerial Cambio de Hora (2016) revelaron que tener un horario único fue una de las opciones más desfavorables; claramente en esto falta educar a la población sobre el impacto de los cambios de horario sobre la salud y el desempeño.

UN HORARIO PARA CHILE

Basado en esta discusión proponemos que el mejor horario para Chile sería el que le corresponde según su uso horario, que es el horario de Perú, no el de Bolivia (horario típico de Chile), ni menos el de Brasil (el que vivimos en el 2015). También recomendaría no tener horarios de verano e invierno, manteniendo el horario de invierno durante todo el año. Con el horario propuesto el sol se levantaría cerca de la hora en que debe levantarse la mayoría de la población en un día de trabajo, minimizando así el déficit de sueño; los más beneficiados serían los niños y adolescentes. También eliminaría los problemas causados por el cambio de horario de la primavera.

A pesar de estos beneficios, ¿sería unánime la aceptación de este horario? Ciertamente que no. Por ejemplo, adultos que se levantan muy temprano, ya sea porque son alondras dentro de la población o porque sus trabajos lo exigen, se levantarán a oscuras casi independientemente del horario, prefiriendo por ello un horario que les ofrece más luz en la tarde. Otras trabajan en lugares carentes de luz natural por lo que prefieren levantarse a oscuras a cambio de tener luz natural al final del día. Sin embargo, no cabe duda que biológicamente el horario propuesto es el mejor para la mayoría de la población ya que es el que reduce el déficit de sueño.

REGIONES EXTREMAS

En extremo sur de Chile los días son cortos durante el invierno. Por ello es natural pensar que el mejor horario seria aquel que maximice las horas de luz en la tarde. Sin embargo, tener más horas de luz en la tarde necesariamente significaría elegir un horario en que el sol se levanta más tarde, y ello tiene consecuencias biológicas, todas de ellas negativas. Así el mejor horario para Chile, incluyendo sus regiones extremas, es el que le corresponde a su huso horario. Es cierto que con este horario

se oscurecerá muy temprano; pero el sol se levantará a una hora más cercana a la hora en que se despierta la mayoría de la población, minimizando el déficit de sueño. Esto es justamente lo que han elegido los países nórdicos, muchos de ellos ubicados en latitudes aún más cercanas al polo que ciudades como Punta Arenas. Así por ejemplo, en Estocolmo, ubicado a 59° grados de latitud norte el sol se levantó después de las 8AM entre fines de noviembre y fines de enero (2 meses). A diferencia de ello, en Punta Arenas, ubicado a 53° de latitud sur, el 2015 el sol se levantó después de las 8AM entre abril y septiembre, casi la mitad del año (datos obtenidos de http://www.timeanddate.com/). Si bien obtuvieron en retorno tardes con un poco más de luz, las consecuencias sobre el desempeño y la salud se harán sentir con el paso del tiempo.

REFERENCIAS

Comité Interministerial Cambio de Hora. 2016. Informe de Monitoreo de Indicadores. Ministerio de Energía, Gobierno de Chile.

Dunlap, J., Loros, J. y DeCoursey, P. 2004. Chronobiology: biological timekeeping Sunderland: Sinauer Associated, 406 p.

Janszky, I., Ahnve, S., Ljung, R., *et al.* 2012. Daylight saving time shifts and incidence of acute myocardial infarction – Swedish Register of Information and Knowledge About Swedish Heart Intensive Care Admissions (RIKS-HIA). Sleep Medicine (13): 237–242.

Roenneberg, T., Kumar, C. Jairaj y Merrow, M. 2007. The human circadian clock entrains to sun time. Current Biology (17):R44.

Roenneberg, T., Allebrandt, K., Merrow, M. y Vetter, C. 2012. Social Jetlag and Obesity. Current Biology (22): 939–943.

Wittmann M. Dinich, J., Merrow, M., y Roenneberg, T. 2006. Social Jetlag: misalignment of biological and social time. Chronobiology International (23): 497–509.

Wahlstrom, K., Dretzke, B., Gordon, M., *et al.* 2014. Examining the Impact of Later School Start Times on the Health and Academic Performance of High School Students: A Multi-Site Study. Center for Applied Research and Educational Improvement. St Paul, MN: University of Minnesota.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO | Volumen 29, 2016. Páginas 14-20
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

LA IMPORTANCIA DEL CANTO EN LA CONDUCTA SOCIAL DE LAS AVES

Guillermo Riveros Gomez*

Resumen: En esta revisión se resalta la importancia que tiene el canto que vocalizan las aves canoras desde diferentes puntos de vistas como es la función comunicativa que cumple, su origen, sus características, sus funciones, su uso en la investigación científica, su relación con los procesos de especiación y su importancia en las conductas sociales en las aves.

Palabras claves: Aves; comunicación sonora; bioacústica; canto y conducta social.

Abstract: In this review the importance of singing vocalizing songbirds from different points of view as communicative role, its origin, its characteristics, its functions, its use in scientific research, their relationship with the processes highlights speciation and its importance in social behavior in birds.

Keywords: Birds; sound communication; bioacoustic; singing and social behavior.

INTRODUCCIÓN

La bioacústica consiste en el estudio del comportamiento de comunicación de los animales a través de señales sonoras. Esta disciplina se ha desarrollado notablemente a partir de la segunda mitad del presente siglo, gracias a la existencia de medios técnicos capaces de almacenar y analizar sonidos.

Actualmente esta disciplina ha cobrado gran importancia ya que las emisiones acústicas animales representan una valiosa herramienta para taxonomía, sistemática y estudios sobre biodiversidad, conservación y manejo de poblaciones, el estudio de las vocalizaciones puede ser una herramienta adecuada para descubrir y confirmar las diferencias entre especies (Tubaro, P., 1999).

La bioacústica ha aportado grandes antecedentes para aumentar el número de especies descritas, debido al creciente conocimiento de las vocalizaciones y la importancia del análisis vocal para inferir relaciones dentro y entre géneros, así como también para diferenciar especies a través de sus vocalizaciones (Alström y Ranft, 2003). Las investigaciones en bioacústica hoy en día aun poseen un grado de complejidad que esta dado por la disponibilidad de grabaciones de calidad, y bien especificadas, es necesario desarrollar bibliotecas con un gran número de grabaciones por especies, en distintas épocas del año y por sobre todo en distintas localidades es importante no olvidar la calidad y especificaciones de cada registro para optimizar los futuros trabajos en bioacústica.

El canto es una vocalización muy importante para comprender las relaciones sociales que se establecen entre las aves de una especie y como esta vocalización juega un rol de cohesión de grupos como también de conflicto en las defensas de sus territorios (Marler, 1997).

* Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha. Email: griverg@upla.cl

COMUNICACIÓN Y CANTO

Los seres vivos se comunican con diversas señales, estas pueden ser de origen químico, táctil, visual, eléctrico o acústico (Bremont, 1963), (Leroy, 1979) esta última categoría es reservada para 4 grupos principales de organismos: insectos, anfibios, mamíferos y aves (Tubaro P., 1999), las señales acústicas en las aves destacan por su complejidad y variedad (Nowicki, Searcy, Hughes y Podoss, 2001) cumpliendo un rol importante en el reconocimiento específico entre individuos de una misma especie desempeñando una función de cortejo y defensa territorial, como también desarrollando una función importante en la evolución (Vielliard, 1986).

Las señales acústicas de las aves son producidas por un órgano vocal llamado siringe, localizado entre los bronquios y la tráquea, este órgano presenta una membrana elástica que vibra con el flujo de aire produciendo el sonido, las características del canto como frecuencia, amplitud, tono, entre otras están determinadas por la función conjunta de la membrana, los músculos y la tráquea (Notteboohm, 1970).

La conducta del canto en pájaros cantores está regulada por una discreta red de núcleos interconectados que experimenta cambios dramáticos en anatomía, neuroquímicos y organización molecular durante periodos del aprendizaje del canto (Brenowitz, Margoliash y Nordeen, 1997), la siringe es inervada bilateralmente por la rama descendente superior del nervio hipogloso y por una rama mucho más pequeña del vago, estudios realizados en pinzones en el cual se cortan las ramas del hipogloso unilateralmente, afecta directamente la estructura del canto en estas aves. Estas observaciones indican que el aprendizaje del canto en los pinzones el hipogloso se encuentra lateralizado. Este compromiso lateral se produce en el momento en que se enteró el canto como una habilidad motora. Antes de que este aprendizaje se lleve a cabo, el control lateral puede ser desplazado del sitio usualmente dominante a otro sitio (Notteboohm, 1970).

ONTOGENIA DEL CANTO

Las estrategias de desarrollo vocal varían de especie en especie, diferentes estrategias en el desarrollo vocal son reflejadas en las estrategias de aprendizaje, periodos críticos y lateralización neural. La ontogenia del canto en algunas aves puede integrar la experiencia vocal de cada etapa de desarrollo con elementos derivados del medio ambiente auditivo en general (Notteboohm, 1970).

Como Thorpe and Marler mostraron, el canto es una conducta aprendida (Marler, 1997). Durante una fase de memorización inicial, las aves jóvenes adquieren un modelo sensorial de la canción escuchando a sus congéneres adultos cantar. En esta primera etapa del desarrollo del canto es a menudo llamada "memoria de adquisición" o "adquisición sensorial". En algún momento posterior, las aves jóvenes comienzan a convertir esta memoria sensorial a un patrón motor de producción de la canción en la fase sensomotora de aprendizaje del canto. Hay tres etapas en la fase sensomotora, inicialmente las aves producen un subcanto, que es tranquilo, crudamente estructurada, y muy variables en forma. Con aun más practica vocal, las aves jóvenes progresan a canción plástica, que es más fuerte y mejor estructurada, pero todavía variables en forma. Finalmente, el canto se convierte en una estructura cristalizada como las aves produce una versión estereotipada del modelo sensorial al que fueron expuestos anteriormente (Brenowitz, Margoliash y Nordeen, 1997).

La exposición de los pichones a las vocalizaciones de sus congéneres son importantes para el desarrollo del canto, trabajos experimentales realizados por Thorpe demuestran por primera vez que pájaros jóvenes deben aprender el canto de su especie escuchando a adultos conspecíficos. El estudiante de Thorpe, Peter Marler amplio en gran medida este primer trabajo, Marler y sus colegas demostraron la existencia de un canto local geográfico llamado "dialecto". El aprendizaje del canto es caracterizado por tempranos periodos de sensibilidad, y que las aves tienen predisposiciones innatas para aprender la canción de su especie (Brenowitz, Margoliash y Nordeen, 1997). El proceso de aprendizaje vocal está reducido a dos aspectos fundamentales: en primer lugar, el tipo de canto que puede servir como modelo a ser copiado debe responder a ciertas características especie-específicas; y en segundo lugar la restricción temporal del periodo sensible determina que si los animales se mantienen dentro o cerca de su territorio paterno el modelo adquirido será el de su dialecto natal (Tubaro y Segura, 1989).

Las canciones locales denominadas dialectos, juegan un rol en un selectivo sistema selectivo sistema de emparejamiento. Alguna evidencia sugiere que el flujo de genes a través de 2 poblaciones de dialectos puede ser significativamente reducida (Notteboohm, 1970), lo que permite el flujo de genes a través de 2 poblaciones de dialectos puede ser significativamente reducida (Notteboohm, 1970) es este rol el que permite diferencias microevolutivas considerables ya que a través de este sistema se logra algún grado de aislación genética.

CARACTERES DEL CANTO

Las señales acústicas de las aves se clasifican en 2 grupos, por un lado se encuentran los cantos, que son vocalizaciones elaboradas generalmente producidas por los machos, y los gritos o llamadas, que corresponden a sonidos breves de estructura acústica sencilla producida por necesidad inmediata, como contacto, alarma y amenaza (Kumar, 2003). En el canto, los sonidos individuales simples que producen las aves se conocen como "elementos" de la canción o "notas". Una serie de uno o más elementos que se presentan juntos en un patrón regular en la canción como una canción se denomina "sílaba". Una secuencia de una o más sílabas que se presentan repetidamente en un canto se denomina igualmente como una canción "frase" o "motivo". Un particular combinación de frases o motivo que se presentan repetitivamente constituye un canto "tipo". Finalmente, una secuencia de una o más frases separadas de otras secuencias de frases por intervalos de silencio de duración variable es un canto "combate" (Riveros, 1988; Brenowitz, Margoliash y Nordeen, 1997). Los análisis de las señales acústicas se realizan utilizando espectrogramas, que es una herramienta de representación gráfica de los sonidos el cual muestra un grafico de frecuencia versus tiempo (Lanyon, 1968).

Existen variables que pueden afectar las emisiones sonoras de las aves entre estas las mas estudiadas son las variables ambientales. El medio ambiente físico y otros factores ecológicos juegan un rol importante en la información de vocalizaciones en la mayoría de las especies, de modo que poblaciones lejanamente relacionadas ocupando hábitats similares pueden poseer vocalizaciones más similares que aquellas poblaciones estrechamente relacionadas en diferentes hábitats; por ejemplo vocalizaciones de especies que habitan en vegetación densa tienden a tener bajas frecuencias y estrecho rango de frecuencia que aquellas especies que habitan en áreas abiertas (Mccraken y Sheldon, 1997) y es común que a mayores densidades los machos vocalicen más para defender sus territorios o para competir por una pareja sexual (Gochfeld, 1978). Otras variable estudiada tiene relación con la forma del pico, estudios realizados en los pinzones de Darwin muestran que la selección natural asociada a la alimentación ha llevado a una divergencia en la morfología del pico, entre las diversas especies de pinzones principales, en segundo lugar, a la divergencia acústica en las canciones específicas de la especie (Podos, 2001). Esta sugiere que una diferencia en la forma o tamaño del pico altera la capacidad vocal y por lo tanto afectando la variación potencial (Slabbekoorn y Smith, 2002).

FUNCIONES DEL CANTO

Como se mencionó anteriormente las señales acústicas, en este caso el canto cumple diversas funciones, las principales se relacionan al reconocimiento específico y defensa territorial. El canto puede ser usado por machos para atraer hembras para aparearse con ellos, así como para estimular el comportamiento reproductivo de las hembras y la fisiología. En muchas especies el canto es usado para declarar un territorio de otras aves que son agresivamente excluidos (Riveros, 1989; Brenowitz, Margoliash y Nordeen, 1997), también puede proporcionar a las hembras las señales acústicas para encontrar machos que son más aptos para un hábitat particular (Slabbekoorn y Smith, 2002). Cantos de especies específicas juegan un papel importante en la selección de pareja, y puede ser un importante mecanismo de aislación entre las especies de aves, en muchos casos las diferencias del canto probablemente evitan la hibridación entre especies que son perfectamente capaces de producir descendencia viable y fértil (Slabbekoorn y Smith, 2002).

En cuanto a la función territorial del canto, esta se presenta cuando la existencia de estímulos sociales puede ser una de las principales claves en la selección del sitio de nidificación para las aves coloniales ((Lack, 1954); (Orians, 1966)) dado que la presencia de conspecíficos indicaría que el sitio es apropiado y seguro. De esta manera, el «playback» de vocalizaciones podría contribuir al establecimiento de nuevas colonias de cría de aves pelágicas en sitios seguros libres de predadores (Reed y Dobson, 1993).

USOS DEL CANTO

El avance científico y tecnológico, el desarrollo de instrumentos de menor tamaño y de gran calidad a un costo relativamente accesible facilita la captura de vocalizaciones más efectivas y de calidad ha permitido el uso de canto para diversas investigaciones. Observadores sobre el terreno han sido conscientes de la utilidad de las voces de las aves en la identificación del campo (Lanyon, 1968). Esta técnica es particularmente apropiada bajo condiciones en que la observación directa se encuentra reducida por la vegetación o

por la falta de luz en las especies de hábitos nocturnos (Tubaro, P., 1999), también el monitoreo acústico a partir de grabaciones puede ser especialmente útil y económico para estimar la biodiversidad en regiones de selva (Parker, 1991) y como una manera rápida de estimar la tasa de mortalidad en especies de aves a través de la persistencia de los machos territoriales a lo largo del tiempo (Brown, 1987).

CANTO Y SISTEMÁTICA

Por razones prácticas, la clasificación de organismos ha sido tradicionalmente basado en caracteres morfológicos, es decir, estos atributos que son fácilmente observables en especímenes de museo, pero esta instancia donde el equipo de evidencias por caracteres morfológicos es inadecuado o equivoco, los taxónomos modernos pueden recurrir a datos complementarios derivados de estudios en conducta, ecología, fisiología y bioquímica (Lanyon, 1968, Riveros, *et al*. 1995), entre los implementos al servicio de la taxonomía ornitológica se encuentran los sonidos producidos por las aves (Schwartz, 1968).

Es así como las vocalizaciones además se han utilizado para investigaciones en el área de la taxonomía y sistemática. Varios estudios han sugerido que las vocalizaciones de aves contienen información acerca de la filogenia (Price y Lanyon, 2004; Riveros y Villegas, 1993) .Los pocos estudios anteriores que han utilizado aspectos de la canción de oscines para estimar la filogenia proporcionan pruebas en su mayoría positivas para su eficacia como caracteres sistemáticos (Price y Lanyon, 2004). Estudios recientes han demostrado que el comportamiento no es más homoplásico que la morfología o los caracteres genéticos (DeQueiroz y Wimberger, 1993), por lo tanto el canto actualmente se considera un carácter válido para establecer relaciones filogenéticas entre especies. Además, la sistemática está interesada en canto como una guía para relaciones entre especies. Algunas revisiones del canto en sistemática han indicado que el canto puede ser más útil a nivel de especie que a niveles más altos (Payne, 1986). Un ejemplo del uso de las vocalizaciones para establecer parentesco filogenético es presentado por Prince y Lanyon (2004) en la especie green oropendola (Psarocolius viridis) donde compararon estimaciones filogenéticas con datos moleculares a partir de ADN mitocondrial con estimaciones filogenéticas realizadas con caracteres del canto, los resultados demostraron que las estimaciones eran extremadamente similares, otro caso donde el canto se mostro útil a nivel de género tiene que ver con el pájaro actualmente clasificado como Sporiphila obscura, la cualidad y tipo de canto están más relacionados con Tianis que con las especies de *Sporophila* (Schwartz, 1968).

Los estudios del canto para determinar relaciones filogenéticas se deben a la base genética del mismo, esto se reflejan en el número de sílabas, la estructura silábica, y la frecuencia fundamental, ya que estos reflejan más el comportamiento y la estructura de la siringe (Mccraken y Sheldon, 1997). Evidencia sustancial sugiere que componentes del canto plástico altamente aprendidos puede tener una base genética, a pesar de la variación intraespecífica en el aprendizaje del canto, características especie específica tal como duración, ritmo, rango de frecuencia o calidad tonal son típicamente heredables (Slabbekoorn y Smith, 2002). Los dialectos también juegan un rol importante. En especies con aprendizaje vocal, la experiencia auditiva puede variar mucho entre individuos y poblaciones lo cual produce divergencia en los fenotipos vocales. Si los cantos cambian muy rápido, las características comunes que indican la relación entre las especies tienden a perderse a medida que pasa el tiempo (Tubaro, P., 1999). Las canciones pueden variar en su estructura acústica o sílaba tipos, y pueden mostrar variación dialectal con discretos límites entre las poblaciones vecinas (por ejemplo, (Nottebohm, 1969); (Baptista, 1975)), si tales dialectos afectan la dinámica demográfica, reducen los niveles de flujo génico y promueven la evolución de nuevos subgrupos reproductivamente aislados son conforme al debate (Baker y Cunningham, 1985); (Slabbekoorn y Smith, 2002).

EL CANTO Y SU ROL SOCIAL

Las aves son animales muy sociales. Se desplazan tan rápido, y en forma tan autónoma, que su comportamiento social no siempre es captado por el observador ocasional, pero cuando sus actividades se estudian con cuidado se descubre que las aves desarrollan una organización social variada y compleja. Su diferenciación biológica del trabajo es más simple que la de los insectos; sólo existen tres tipos principales de individuos: machos, hembras y polluelos. Sin embargo, muestran todos los tipos básicos del comportamiento social propios de las formas desarrolladas y realizan considerables diferenciaciones del comportamiento con base en el aprendizaje y la experiencia.

Dada su gran movilidad, las aves se encuentran con otras de diferente especie; esto crea un problema de separación entre sociedades diferentes. Los colores brillantes y el cambio de plumaje de muchas aves se relacionan íntimamente con el comportamiento social y sirve para distinguir la especie, el sexo y los jóvenes de los adultos. El comportamiento de exhibición del plumaje resulta primordial en el comportamiento sexual de los machos de muchas especies.

La exhibición es un tipo de comunicación; además, tienen una gran variedad de señales vocales como la canción de las aves de ornato, interpretada como una señal indicadora de territorialidad. En algunas especies, la canción ha sido parcialmente aprendida; en otras se desarrolla aun en pájaros en captura. Algunas especies como los cuervos y los loros tienen la capacidad de imitar las vocales superiores de los mamíferos, pero aun cuando aprenden el vocabulario humano, no existen pruebas de que hagan mayor cosa. Este parloteo se encuentra en forma natural en el canto de los sinsontes. Las señales vocales y visuales son mecanismos importantes en la organización social de las aves, pero no se utilizan como un lenguaje verdadero.

El comportamiento social se ve directamente afectado durante el tiempo de vuelo. Una mayor adaptación es rápidamente desarrollada por los jóvenes. Esto significa que en muchas aves hay pocas posibilidades de establecer una relación padres-prole. La relación social más importante en la mayor parte de las aves es la relación macho-hembra o de apareamiento.

La socialización primaria o expresión de la conducta se realiza muy pronto en aves precoces como los patos y los gansos, pero tarda más en difundirse en aves que eclosionan en estado inmaduro. Las aves parásitas del ganado y las aves cucú no reciben influencias conductuales de sus padres, sino que desarrollan sus propios hábitos luego de abandonar el nido.

Otro proceso social muy importante es el de ligarse a cierto lugar u hogar, o simplemente a una determinada ubicación. Muchas especies de aves tienen dos hogares, uno durante la etapa de crianza y otro en una etapa posterior. La migración de uno a otro puede significar miles de kilómetros y requiere una extraordinaria capacidad de orientación; la naturaleza básica de este fenómeno se halla sujeta a investigación.

El comportamiento en bandada es característico de las aves. En el vuelo grupal de aves pequeñas se aprecia una serie de maniobras rápidas y complejas basadas en el comportamiento alelomimético; en las aves más grandes se basa en el liderazgo.

Por el contrario, los halcones y las lechuzas muestran un vuelo solitario. El territorio es otra característica fundamental en la vida de las aves y se considera desde las grandes extensiones de terreno, para la crianza de aves de ornato, hasta el área restringida de un nido al cual se circunscriben las gaviotas y otras aves marinas coloniales. En otros más no hay ejemplos o límites definidos de territorialidad.

Muchas de las conductas de las aves son innatas, pero otras muchas requieren de un aprendizaje (ej: algunos aspectos de la orientación, el cuidado de la prole, etc.). El aprendizaje requiere de elaboradas conductas sociales. La sociabilidad de muchas especies es una respuesta a la escasez de zonas adecuadas de reproducción (colonias de cría), un mecanismo de defensa contra los depredadores (dilución del riesgo) o para maximizar el encuentro con fuentes de alimento de distribución heterogénea (ej.: bandos mixtos invernales). En general las aves marinas son más gregarias que las terrestres durante la época reproductiva, un consecuencia de la escasez de zonas adecuadas para anidar. Pero otras especies se vuelven gregarias en los periodos de escasez de recursos (ej., córvidos, estúrnidos y páridos). En este último caso se ha comprobado que la sociabilidad va ligada a la inteligencia y al aumento del tamaño cerebral. Muchas de las conductas elaboradas tienen que ver con la reproducción: cortejos y cuidado de los jóvenes (Keen, *et al.*, 2016).

En los paseriformes el aprendizaje del canto se ha convertido en un importante sistema modelo para el estudio del aprendizaje vocal, y se han observado que tiene muchos paralelismos con el aprendizaje del lenguaje humano (Marler, 1970; Brainard y Doupe, 2002). Un paralelo que ha sido apreciado recientemente es el papel clave de los factores sociales en el desarrollo vocal (Catchpole y Slater, 1995; West, *et al.* 1996; Snowdon y Hausberger, 1997; Goldstein, *et al.* 2003; Beecher y Burt, 2004). La importancia de los factores sociales en el aprendizaje del canto de las aves canoras se hizo evidente con el descubrimiento de que las aves aprenden más fácilmente a partir de los pájaros cantores adultos (tutores vivo) que por cantos grabados (tutores de cinta), (Baptista y Petrinovich, 1984). La mayor potencia de tutores vivos, en comparación con los tutores de cinta sugiere un papel clave para los factores sociales en el aprendizaje del canto, pero hasta la fecha todavía queda mucho trabajo a realizar en el análisis de estos factores sociales presuntivos (Nelson, 1997).

El gran esfuerzo para integrar las variables sociales en el aprendizaje del canto es un modelo de aprendizaje del canto propuesto por Nelson y Marler (1994). Se centran en el carácter selectivo del aprendizaje del canto, en el hecho de que el ave joven escucha y memoriza muchas más canciones durante su periodo de aprendizaje del canto que se mantendrá durante como su repertorio final del canto. Este proceso selectivo parece operar en muchas especies, independientemente de si el tamaño del repertorio de las especies tipo es de 1, 10 o 100 tipos de canciones (Marler y Peters, 1982). Por lo tanto, el ave debe 'decidir' qué canto particular, se conservará para su repertorio final. Nelson y Marler (1994) proponen que el aprendizaje del canto tiene dos fases. En la primera fase, que se producen durante el verano natal del ave, el aprendizaje del canto es ante todo un proceso de escuchar y memorizar los cantos de las aves adultas. En la segunda fase, que se producen durante la próxima primavera, cuando las aves jóvenes intentar establecer su territorio reproductivo, el ave 'selecciona' los cantos que conservarán para su repertorio final (Burt, *et al.*, 2007).

REFERENCIAS

Alström, P. y Ranft, R. 2003. The use of sounds in avian systematics and the importance of bird sound archives. Bull. Brit. Orn. (123A):114-135.

Baker, M. y Cunningham, M. 1985. The biology of bird-song dialects. Behavioral and Brain Sciences 8 (1): 85–133.

Baptista, L. 1975. Song dialects and demes in sedentary populations of the white-crowned sparrow Zonotrichia leucophrys. California: University of California Publications in Zoology, 1–52 pp.

Baptista, L. y Petrinovich, L. 1984: Social interaction, sensitive phases and the song template hypothesis in the white-crowned sparrow. Anim. Behav. (32):172—181.

Brainard, M. y Doupe, A. 2002. What songbirds teach us about learning. Nature (417): 351—358.

Bremont, J. 1963. Acoustic behaviour of bird. En: Acoustic behaviour of animal. (Guy, R.) Amsterdam: Elsevier, 706-749 pp.

Brenowitz, E., Margoliash, D. y Nordeen, K. 1997. An Introduction to Birdsong and the Avian Song System. J. Neurobiol. 33(5):495-500.

Brown, J. 1987. Helping and communal breeding in birds. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 374 pp.

Burt, J., Campbell, S. y Beecher, M. 2001. Song type matching as threat: a test using interactive playback. Anim. Behav. (62):1163—1170.

Burt, J., Adrian, L., et al. 2007. Assessing the Importance of Social Factors in Bird Song Learning: A Test Using Computer-Simulated Tutors. Ethology (113): 917–925.

Catchpole, C. y Slater, P. 1995. Bird Song: Biological Themes and Variations. Cambridge Univ. Press, New York, 256 pp.

DeQueiroz, A. y Wimberger, P. 1993. The usefulness of behavior for phylogeny estimation: levels of homoplasy in behavioral and morphological characters. Evolution (47): 46-60.

Gochfeld, M. 1978. Social facilitation of singing: Group size and flight song rates in the Pampas meadowlark Sturnella defilippii. Ibis 120 (3): 338-339.

Keen, C., Daniel, M., Julia, P. et al. 2016. Song in a Social and Sexual Context: Vocalizations Signal Identity and Rank in Both Sexes of a Cooperative Breeder. Front. Ecol. Evol. 4 (Art.46): 9.

Kumar, A. 2003. Acoustic Communication in Birds, differences in Songs and Calls, their Production and Biological Significance. (June): 44-55.

Lack, D. 1954. The natural regulation of animal numbers. Oxford: Clarendon Press, 343 pp.

Lanyon, W. 1968. Vocal characters and avian systematics. En: Bird vocalization their relation to current problems in biology and psychology (Hinde, R.) Cambrigde: Cambridge University Press, 291-310 pp.

Leroy, Y. 1979. L' univers sonore animal. Paris : Gauthier-Villars, 350 pp.

Marler, P. 1970. Birdsong and speech development: could there be parallels?. Am. Sci. (58):669—673.

Marler, P. y Peters, S. 1982. Developmental overproduction and selective attrition: new processes in the epigenesis of birdsong. Dev. Psychobiol. (15):369—378.

Marler, P. 1997. A sensitive period for song acquisition in the song sparrow: a case of agelimited learning. Ethology 76(2):89–100.

Mccraken, k. y Sheldon, F. 1997. Avian vocalizations and phylogenetic signal. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94(8):3833–3836.

Nelson, D. 1997. Social interaction and sensitive phases for song learning: a critical review. En: Social Influences on Vocal Development (Snowdon, C. y Hausberger, M.) Cambridge: Cambridge Univ. Press, 7—22 pp.

Nelson, D. y Marler, P. 1994. Selection-based learning in bird song development. Proc. Natl Acad. Sci. USA (91):10498—10501.

Nottebohm, F. 1970. Ontogeny of bird song. Science 167(3920):950-956.

Nowicki, S., Searcy, W., Hughes, M., y Podoss, J. 2001. The evolution of bird song: male and female response to song innovation in swamp sparrows. Animal Behaviour, 6(2):1189–1195.

Orians, G. 1966. Social stimulation within blackbird colonies. The Condor 63(4): 330-337.

Parker, T. 1991. On the use of tape recorders in avifaunal surveys. Auk 108(2): 443-444.

Payne, R. 1986. Bird song andavian systematics. Current Ornithology (3): 87-126.

Podos, J. 2001. Correlated evolution of morphology and vocal signal structure in Darwin's finches. Nature 409:185–188.

Price, J. y Lanyon, S. 2004. Song And Molecular Data Identify Congruent But Novel Affinities Of The Green Oropendola (Psarocolius Viridis). The Auk 121(1): 224–229.

Reed, J., y Dobson, A. 1993. Behavioural constraints and coservation biology: Conspecific attraction and recruitment. Trends Ecol. Evol. 8(7):253-256.

Riveros, G. 1988. Eto ecología evolutiva e adaptativa da comunicacao sonora en androrinhas. (Aves: Hirundinidae) (Ecología). SP. Brasil: UNICAMP, 140 pp.

Riveros, G. 1989. Análisis de la comunicación sonora de tres especies de Golondrinas (Notiochelidon cyanoleuca, Tachycineta leucorrhoa; T. albiventer; Fam. Hirundinidae) An. Mus. Hist. Nat. (20):85-98.

Riveros, G. y Villegas, N.1993. Análisis Taxonómico de las subespecies chilenas de Scytalopus magellanicus (Fam. Rhynocriptidae; Aves) a través de sus cantos. An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso (22): 91-101

Riveros, G., Abarca, J., Ruiz, V. y Vásquez, C. 1995. Análisis de la Tachycineta leucopyga (Fam: Hirundinidae, Aves) y sus relaciones bioacústicas con las especies del género. An.Mus. Hist. Nat. Valparaíso (23): 71-87.

Schwartz, P. 1968. El sonido como implemento adicional en la taxonomía ornitológica. IV actas congreso latinoamericano de zoología, 207-217 pp.

Sick, H. 1979. A voz como caráter taxonímico em aves. Boletim do museu nacional. Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia (294):1-11.

Slabbekoorn, H. y Smith, T. 2002. Bird song, ecology and speciation. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B (357):493–503.

Tubaro, P. L. 1999. Bioacústica aplicada a la sistemática, conservación y manejo de poblaciones naturales de aves. Etología (7):19-32.

Tubaro, P. y Segura, E. 1989. Aprendizaje vocal y dialectos de canto en las aves. Revista latinoamericana de psicología 21(2):197-217.

Vielliard, J. 1986. O uso da bioacústica na observacao de aves. En: Anais de II Encontro nacional de anilhadores de aves, 98-121 pp.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 29, 2016. Páginas 21-24
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

¿CÓMO AFECTA EL COLOR AL COMPORTAMIENTO?: UNA MIRADA A LA VISIÓN ULTRAVIOLETA EN MAMÍFEROS

*Andrés E. Chávez**

Resumen: Comprender como el color puede regular comportamientos ha sido estudiado en una gran variedad de contextos. Avances desde la fisiología y ecología sensorial han demostrado que muchos mamíferos, incluyendo el roedor chileno *Octodon degus (degú),* presentan un sistema visual adaptado para la visión de colores (dicromática), con un tipo de fotorreceptor especializado para la detección de señales en el rango ultravioleta (UV; 360 nm). La luz UV ocupa el rango espectral de longitudes de onda ligeramente más cortos que el visible para los seres humanos. Esta asombrosa capacidad visual está involucrada en múltiples comportamientos que van desde la navegación y orientación hasta la detección de alimentos y depredadores, selección sexual, así como para tareas de alto nivel de apoyo como la evaluación de su compañero y la comunicación intraespecífica. Si bien la función de la visión UV en el comportamiento del degú no está del todo clara, se ha postulado que este tipo de señal visual podrían estar involucradas en comportamientos de navegación y comunicación entre congéneres.

Palabras claves: Ecología sensorial, visión UV, Fotorreceptores UV, retina, patrón de coloración animal, conducta.

Abstract: Understanding how colour can regulate behavior has been study in a variety of contexts. New advances from the physiology and sensory ecology have shown that most mammals, including the Chilean rodent *Octodon degus* (degu), have a visual system adapted to the dichromatic colors vision. Notably, their retinas contain a photoreceptor specialized for signal detection in the ultraviolet (UV) range (~360 nm). UV-light is localized in the spectral range of wavelengths slightly shorter than those visible to humans. This amazing visual capability of many species is known to be involved in multiple behaviors, including navigation and orientation, predator's detection, sexual selection and to supporting high-level tasks such as mate assessment and intraspecific communication. While the role of UV vision in the degu is not entirely clear, it has been suggested that this type of visual cues may be involved in navigation and conspecific communication.

Keywords: Sensory ecology, UV vision, UV cone photoreceptor, retina, animal color pattern.

El color está en todo lo que nos rodea. Es una sensación que añade emociones y pensamientos a nuestras vidas, y con ello puede regular nuestros comportamientos. No es casualidad por ejemplo, el color con el cual pintamos nuestra casa, la pieza de nuestros hijos o el color de ropa que utilizamos. Siempre tendemos a sentirnos más a gusto con un color que con otro. De hecho, durante los últimos años, los efectos funcionales del color en humanos han sido estudiados en una variedad de contextos, incluyendo razonamientos, atenciones, emociones y comportamientos (Valdez y Mehrabian, 1994, Elliot y Maier, 2014). En el reino animal, en tanto, sabemos que el patrón de coloración de una especie juega un papel fundamental en múltiples comportamientos incluidos la detección y ubicación de alimentos, detección y camuflaje de predadores, tareas sociales, selección sexual, entre otras (Endler, 1990). Pero, ¿Qué es el color? ¿Cómo percibimos el color? y ¿Cómo él puede generar o modificar conductas?.

* Núcleo Milenio NuMIND, Centro Interdisciplinario de Neurociencia de Valparaíso, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Valparaíso 2340000, Chile.

Evidentemente para comprender que es color, primero necesitamos saber que es la luz, ya que sin ella no existiría el color. La luz está compuesta de ondas de energía que se agrupan en lo que se llama un espectro. Las longitudes de ondas que nuestros ojos pueden detectar (espectro de luz visible en humanos) es sólo una pequeña porción de este espectro de energía. En un extremo tenemos las longitudes de onda cortas que percibimos como color azul (~420 nm) y en el otro extremo se encuentran las longitudes de onda más largas que percibimos como color rojo (~564 nm; ver Figura 1). Así entonces, podemos decir que todos los colores que podemos percibir en la naturaleza se encuentran en algún punto entre estas longitudes de onda en el espectro. No obstante, el color que percibimos variara según la cantidad de luz del ambiente y la distancia a la que se encuentra el objeto observado. De hecho, dos personas bajo condiciones de iluminación y visión idéntica, pueden poseer variaciones en el color observado(Neitz y Jacobs, 1986).

El primer pasó de la visión, es la transducción y la codificación del estímulo lumínico en una señal neuronal, la cual se produce en *la retina.* Este tejido neuronal es altamente estratificado y se localiza en el fondo del ojo. En este circuito neuronal varios tipos neuronales (fotorreceptores, células horizontales, bipolares, amacrinas, y ganglionares) se encuentran interconectadas entre sí mediante sinapsis, permitiendo que la señal lumínica capturada por los fotorreceptores pueda finalmente ser enviada hacia centros visuales superiores en nuestro cerebro a través del nervio óptico. Es por ello, que cambios en la comunicación neuronal de la retina pueden influir profundamente en la manera en que vemos el mundo exterior. Los fotorreceptores, *conos y bastones*, son las células sensibles a la luz. Mientras los bastones funcionan en condiciones de baja luminosidad y proporcionan la *visión en blanco y negro,* los conos son las células fotosensibles que están adaptados para alta luminosidad y proporcionan la *visión en color*. Cabe señalar, que un pequeño porcentaje de células ganglionares (~4-5 % del total de células ganglionares) también son fotosensibles respondiendo a la luz directamente(Provencio et al., 2000, Dacey *et al.,* 2005), pero su contribución a la visión de colores aun es poco clara.

En los humanos y algunos primates, la *visión de colores es tricromática*. Es decir, perciben 3 colores primarios a través de tres conos independientes que muestran una sensibilidad espectral en el rango del Azul (~424 nm), Verde (~532 nm) y Rojo (~564 nm; ver Figura 1).

Esta sensibilidad espectral está dada por una molécula sensible a la luz presente en todos los fotorreceptores y que comprende una proteína llamada *opsina,* junto a un cromóforo derivado de la vitamina A, que es sensible a la luz(Kolb, 1995). Mientras en los fotorreceptores la rodopsina es la proteína capaz de procesar la luz exterior, en las células ganglionares esta proteína se denomina melanopsina. Cuatro distintas clases de opsinas o pigmentos visuales con distinta sensibilidad espectral se han descrito (Figura 1). Sin embargo, muchos mamíferos solo han conservado dos (Hunt y Peichl, 2014), por lo que es común observar una *visión de colores dicromática* con pigmentos visuales que muestran una sensibilidad espectral máxima alrededor de 420-450 nm (Azul) y 500 nm (Verde) (Jacobs, 1993). Más interesante aun, es que en muchas especies, incluyendo aves, peces, reptiles y mamíferos(Hunt y Peichl, 2014), el canal azul o también llamado *cono S* puede presentar una sensibilidad espectral desplazada hacia el rango Ultravioleta (UV; 360 nm). Al parecer este pigmento visual *o opsina con sensibilidad en el UV* representarían una condición ancestral que ha sido retenida durante la evolución(Hunt, *et al., 2001).* Así, mientras en humanos, la radiación UV puede producir alteraciones en la piel, la visión e incluso en el DNA, muchas especies dentro del reino animal, presentan un sistema visual adaptado para la visión de colores con rangos de sensibilidad en el UV(Cronin y Bok, 2016). Pero ¿cuál es el rol de la visión UV y como ella puede generar comportamientos?.

En un día claro, las longitudes de onda UV dominan en la atmósfera, por lo que el rol de la visión UV pudiera ser múltiple. Desde el comportamiento de navegación y orientación hasta la detección de alimentos y depredadores, comportamientos de selección sexual, apoyo en tareas sociales y de comunicación intra-específica, entre otras (Cronin y Bok, 2016). De este modo, comprender cómo el sistema visual se ha especializado para satisfacer las necesidades ecológicas o tareas específicas (conductas) de un individuo en su entorno, no es una tarea simple. No obstante, recientes aprontes desde la fisiología sensorial, han podido determinar que el *Octodon degus (Degú)*, un roedor histricomorfo endémico de Chile, con una actividad locomotora mayormente crepuscular en el verano y diurna durante el invierno (Kenagy, *et al.*, 2002), posee un sistema visual adaptado para la visión de colores dicromática con dos tipos de conos con sensibilidad máxima alrededor de 500 nm (verde) y otro en el rango UV, de aproximadamente 360 nm (Chavez et al., 2003, Jacobs *et al.*, 2003).

Consistente con esta adaptación para la vida diurna y la visión UV, la retina de los degú presentan una abundante cantidad de conos (>30%) comparado con especies nocturnas (Jacobs, *et al.,* 2003), aun cuando estas últimas también presenta un sistema visual adaptado para la visión UV(Jacobs, et al., 1991, Jacobs, *et al.,* 2001, Peichl, et al., 2005). Pero ¿Hay alguna característica en el medio ambiente o algún comportamiento que pueda explicar la visión UV en el degú?.

Experimentos conductuales demostraron que el degú es capaz de hacer discriminaciones de color, entre el UV y la luz visible (Jacobs, *et al.*, 2003), lo cual sugiere fuertemente que los objetos presentes en su hábitat y que reflejan UV son potencialmente distinguibles para esta especie y pudieran estar regulando patrones de comportamientos. Sin embargo, mediciones de reflectancia (capacidad de un cuerpo de reflejar la luz o emitir color) de muchos substratos del hábitat del degú no mostraron patrones cercanos al UV, indicando que la visión UV en esta especie no estaría participando en la detección y búsqueda de alimentos. Por el contrario, se observó que el tórax o la zona ventral del degú, a diferencia de la zona dorsal, muestra un aumento en los niveles de reflectancia en el rango UV(Chavez, *et al.,* 2003). Dada estas características, se planteó la posibilidad que la señal UV estaría jugando un rol en los patrones de comunicación entre individuos de su misma especie. De hecho, durante una llamada de alerta, uno de los comportamientos del degú es pararse en forma vertical sobre sus patas traseras y exponer su tórax a la vista de sus congéneres(Vasquez, 1997). Notablemente, en la búsqueda de otras señales UV presentes en el hábitat de esta especie y que pudieran ser conductualmente relevantes en el contexto social para el degú, se observó que la orina, la cual estos animales utilizan para la marcación de sus senderos de forrajeo y áreas de reunión(Ebensperger y Bozinovic, 2000, Ebensperger y Caiozzi, 2002), muestran una alta reflectancia en el rango UV en su estado fresco comparado a su estado seco (Chavez, *et al.,* 2003). Por lo tanto, se planteó la posibilidad de que estas marcas pudieran representar tanto señales visuales, como olfativas, proveyendo una ventaja para la orientación de largo alcance.

De esta manera, mientras para nosotros el UV puede ser una señal de alerta o de daño, es claro que para esta y muchas otras especies de mamíferos, peces, aves, y reptiles la señal UV es fundamental para múltiples comportamientos sociales como: *(i)* selección sexual (variaciones entre machos y hembras; jóvenes y adultos); *(ii)* en el apoyo en tareas sociales; *(iii)*, en la comunicación intra-específica y/o como un distractor para potenciales predadores (Cronin y Bok, 2016). Mientras la función de la visión UV en el degú aun no es del todo clara, con esta mirada a la función de la visión UV en un roedor endémico de chile, se puede ejemplificar claramente, como el color genera múltiples adaptaciones y puede regular múltiples comportamientos.

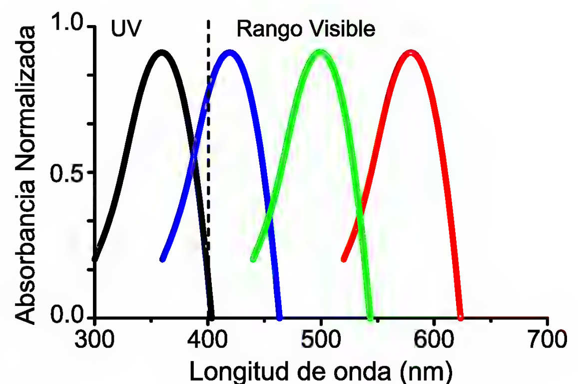


Fig. 1: Esquema del espectro de luz visible en humanos y los espectros de absorbencia para las cuatro clases de pigmentos visuales observados en vertebrados. Se puede observar un pigmento visual en el rango UV (360 nm), uno de onda corta sensible a través de 400-470 nm y otro sensible a 480-530 nm. El último posee un máximo alrededor de 570 nm.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece el financiamiento de FONDECYT, proyecto # 1151091, del Núcleo Milenio Biología de las Enfermedades Neuropsiquiátricas (Nu-MIND; NC130011) y del Instituto Milenio Centro Interdisciplinario de neurociencias de Valparaíso (CINV; P09-022F).

REFERENCIAS

Chavez, A., Bozinovic, F., Peichl, L. y Palacios, A. 2003. Retinal spectral sensitivity, fur coloration, and urine reflectance in the genus octodon (rodentia): implications for visual ecology. Investigative ophthalmology & visual science (44):2290-2296.

Cronin, T. y Bok, M. 2016. Photoreception and vision in the ultraviolet. The Journal of experimental biology (219):2790-2801.

Dacey, D., Liao, H., Peterson, B. et al., 2005. Melanopsin-expressing ganglion cells in primate retina signal colour and irradiance and project to the LGN. Nature (433):749-754.

Ebensperger, L. y Bozinovic, F. 2000. Communal burrowing in the hystricognath rodent, Octodon degus: a benefit of sociality? Behav Ecol Sociobiol (47):365–369.

Ebensperger, L. y Caiozzi, A. 2002. Male degus, Octodon degus, modify their dustbathing behavior in response to social familiarity of previous dustbathing marks. Rev Chil Hist Nat (75):157-163.

Elliot, A. y Maier, M. 2014. Color psychology: effects of perceiving color on psychological functioning in humans. Annual review of psychology (65):95-120.

Endler, J. 1990. On the measurement and classification of colour in studies of animal colour patterns. Biological Journal of the Linnean Society (41):315-352.

Hunt, D. y Peichl, L. 2014. S cones: Evolution, retinal distribution, development, and spectral sensitivity. Visual neuroscience (31):115-138.

Hunt, D., Wilkie, S., Bowmaker, J. y Poopalasundaram, S. 2001. Vision in the ultraviolet. Cellular and molecular life sciences : CMLS (58):1583-1598.

Jacobs, G. 1993. The distribution and nature of colour vision among the mammals. Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society (68):413-471.

Jacobs, G., Calderone, J., Fenwick, J. et al. 2003. Visual adaptations in a diurnal rodent, Octodon degus. Journal of comparative physiology A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology (189):347-361.

Jacobs, G., Fenwick, J. yWilliams, G. 2001. Cone-based vision of rats for ultraviolet and visible lights. The Journal of experimental biology (204):2439-2446.

Jacobs, G., Neitz, J., Deegan, J.1991. Retinal receptors in rodents maximally sensitive to ultraviolet light. Nature (353):655-656.

Kenagy GJ, Veloso RF, Vasquez RA, Bozinovic F (2002) Daily and seasonal limits of time and temperature to activity of degus. Revista Chilena de Historia Natural 75:567-581.

Kolb, H. 1995. Photoreceptors. In: Webvision: The Organization of the Retina and Visual System (Kolb, H. et al. Salt Lake City (UT).

Neitz, J. y Jacobs, G. 1986. Polymorphism of the long-wavelength cone in normal human colour vision. Nature (323):623-625.

Peichl, L., Chavez, A., Ocampo, A. et al. 2005. Eye and vision in the subterranean rodent cururo (Spalacopus cyanus, Octodontidae). The Journal of comparative neurology (486):197-208.

Provencio, I., Rodriguez, I., Jiang, G. et al. 2000. A novel human opsin in the inner retina. The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience (20):600-605.

Valdez, P. y Mehrabian, A. 1994. Effects of color on emotions. Journal of experimental psychology General (123):394-409.

Vasquez, R. 1997. Vigilance and social foraging in Octodon degus (Rodentia, Octodontidae) in central Chile. Revista Chilena de Historia Natural (70):557–563.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 29, 2016. Páginas 25-27
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

COMO LOS BENEFICIOS DE LA VIDA SOCIAL DEPENDEN DE LA INESTABILIDAD DE LOS GRUPOS

How benefits of sociality are influenced by instability of social groups

Luis A. Ebensperger[*]

Resumen: La evidencia disponible indica que los individuos de muchas especies de mamíferos no se benefician por vivir socialmente. Una posible explicación es que estos beneficios están condicionados por la estabilidad de los grupos. Examiné esta hipótesis en una población natural de *Octodon degus*, un roedor social que realiza cuidado comunal de las crías. A partir de la captura, marcaje individual y telemetría se cuantificó el tamaño de los grupos, así como el número de cambios permanentes en la composición de machos y hembras en cada grupo (inestabilidad social) entre 2009 y 2013. El número de crías producida por cada individuo se estimó a partir de análisis del uso de marcadores de ADN microsatélite. La ocurrencia de inestabilidad social fue común en la mayoría de los grupos, y fue causada por mortalidad, inmigración, y emigración. Los resultados apoyaron que la inestabilidad social modula los efectos del tamaño de grupo sobre el número de crías producidas y que este efecto modulador es dependiente del sexo. La inestabilidad es costosa para las hembras, pero beneficiosa para los machos. Actualmente, estamos examinando los efectos de la inestabilidad social sobre la calidad del cuidado comunal como un posible mecanismo en el caso de las hembras.

Palabras claves: beneficios contexto-dependiente, sociabilidad, inestabilidad social, *Octodon degus*, roedores sociales.

Abstract: Evidence indicates that individuals of most species of mammals frequently do not attain direct fitness benefits from living in groups. I hypothesized that fitness benefits of individuals in large groups are conditioned by stability in group composition. I examined this hypothesis on a natural population of the social and communally rearing rodent, *Octodon degus*. I used live trapping and telemetry to quantify the size of social groups, the number of changes in female and male group composition between mating and the onset of lactation (social instability), and used microsatellite DNA loci to record the number of offspring produced by individual group members during 2009-2013. Social instability was frequent in degu groups, and the result of mortality, immigration, and emigration. Findings supported social stability modulates the effect of group size on the number of offspring weaned, and that this modulatory effect was sex-specific. Low social stability was often fitness costly to the females, but fitness enhancing to the males. Ongoing research is aimed at examining how social instability influences the quantity and quality of communal care, a potential mechanism underlying the effects of social instability on female fitness in degus.

Key words: context-dependent benefits, sociality, social instability, *Octodon degus*, social rodents.

[*] Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, P. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile; lebensperger@bio.puc.cl

La sociabilidad (o vida en grupos) emerge proximalmente a partir de la tendencia en el largo plazo por parte de los individuos a asociarse e interactuar con grupos sociales específicos (Krause y Ruxton, 2002). De este modo, la sociabilidad incluye atributos estructurales de los grupos tales como el número de hembras y machos en cada grupo (tamaño de grupo), así como la composición de estos grupos en términos de sexo o parentesco genético. Fundamental, la vida en grupos también incluye atributos emergentes como la naturaleza y frecuencia de interacciones sociales entre los integrantes de cada grupo, y que resultan en conductas cooperativas o de conflicto. Todos estos elementos contribuyen a determinar los posibles beneficios de vivir en grupos por cada individuo (Ebensperger, 2001). Inesperadamente, la evidencia disponible en mamíferos indica diversas instancias donde estos no se manifiestan, una situación especialmente común en especies donde la reproducción es plural (una mayoría de los individuos de cada grupo se reproduce) y existe cuidado comunal de las crías (Ebensperger, *et al.* 2012). Es posible que los individuos en estos casos se beneficien, pero de manera contexto-dependiente. Un factor que puede contribuir con un contexto que condiciona estos beneficios es la inestabilidad social, medida como cambios permanentes en la composición de integrantes adultos en los grupos. La importancia de este factor es apoyada por una extensa literatura biomédica que ha demostrado diversos efectos en adultos y crías en desarrollo producto de cambios permanentes en composición de los grupos (Hennessy, *et al.* 2009, Sachser y Kaiser, 2010). Así, en esta charla se examinó la hipótesis en la que el grado de inestabilidad social de los grupos modula cómo el tamaño de los grupos afecta el éxito reproductivo de sus integrantes, y donde este efecto modulador sería distinto en hembras y machos.

Para examinar esta hipótesis se cuantificó cómo el éxito reproductivo de machos y hembras varió en grupos de distinto tamaño y con una historia variable de cambios en la composición de sus integrantes. Para ello, se examinó una población silvestre de *Octodon degus*, un roedor social que realiza cuidado comunal de sus crías (Ebensperger, *et al.* 2004, Hayes, *et al.* 2009), y cuyos grupos sociales experimentan cambios durante el período reproductivo (Ebensperger, *et al.* 2009). Se utilizó captura viva, marcaje individual y radio-telemetría para determinar el tamaño y composición de los grupos sociales de esta especie durante el período reproductivo. Este procedimiento se reiteró durante el apareamiento y la lactancia, dos instancias que permitieron cuantificar cambios en la composición de los grupos. Además, se usaron 12 marcadores de ADN microsatélite para cuantificar el número de crías producidas por cada hembra y macho integrante de cada grupo social.

Los resultados confirmaron los de un estudio previo basado en un menor número observaciones (Ebensperger, *et al.* 2009), y donde la ocurrencia de cambios permanentes en la composición de los grupos es frecuente en *O. degus*, un roedor donde las hembras exhiben cuidado comunal de las crías. Un análisis basado en modelos lineales mixtos generalizados reveló además que las hembras producen más crías en grupos con más hembras, pero principalmente en grupos donde la inestabilidad de sus integrantes (hembras o machos) durante el período reproductivo es reducida (Ebensperger, *et al.* 2016). En contraste, los machos producen más crías en grupos con más hembras, pero cuando estos son integrantes de grupos que han estado sometidos a un mayor número de cambios durante el período reproductivo (Ebensperger, *et al.* 2016). Estos resultados apoyan que la estabilidad social modula el efecto del tamaño de grupo (número de hembras) sobre el éxito reproductivo (adecuación directa) en esta especie, y donde la naturaleza de esta modulación es diferencial en hembras y machos. Las hembras se benefician socialmente en condiciones de menor inestabilidad en la composición de machos y hembras. Los machos se benefician más en condiciones de mayor inestabilidad en la composición de hembras y machos.

Un posible mecanismo que podría explicar el efecto modulador de la inestabilidad social en las hembras es que cambios permanentes en la composición de los integrantes adultos de cada grupo afectan negativamente la cantidad y calidad del cuidado comunal en degus, un efecto que podría estar mediado por cambios en la respuesta fisiológica de estrés de las crías durante su desarrollo postnatal. En un contexto más funcional, los resultados de este estudio apoyan que los beneficios sociales en degus están condicionados no solo por la inestabilidad social de los grupos sino también por las condiciones ecológicas (Ebensperger, *et al.* 2014). La posibilidad de una posible relación entre ambos agentes moduladores es algo que queda por explorar. Por último, aún es necesario que los efectos registrados en degus puedan ser evaluados en otras especies sociales, algo que permitirá determinar si la naturaleza contexto-dependiente que caracteriza los beneficios sociales en *O. degus* es común en otras especies sociales.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco afectuosamente a los organizadores de este ciclo de charlas (Dres. Andrés Chávez y Pablo Moya) por la oportunidad de mostrar parte de las investigaciones que he estado realizando en forma colaborativa con numerosos estudiantes, ayudantes y colegas. Los resultados de este estudio y otros directamente vinculados han contado con financiamiento del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (proyectos #1090302 y 1130091), y de la National Science Foundation (proyectos #0553910, #0853719 and #1261026).

I am indebted to Drs. Andrés Chávez y Pablo Moya for providing me with the opportunity to highlight some aspects and findings linked to the research conducted by numerous students, assistants, colleagues, and myself. Funding was provided by Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología grants #1090302 and 1130091 and by National Science Foundation grants #0553910, #0853719 and #1261026.

REFERENCIAS

Ebensperger, L. 2001. A review of the evolutionary causes of rodent group living. Acta Theriologica (46):115-144.

Ebensperger, L., Hurtado, M., Soto-Gamboa M., *et al.* 2004. (2004) Communal nesting and kinship among degus (*Octodon degus*). Naturwissenschaften (91):391-395.

Ebensperger, L. Chesh, A., Castro, R. *et al.* 2009. Instability rules social groups in the communal breeder rodent *Octodon degus*. Ethology (115):540–554.

Ebensperger, L. Rivera, D. y Hayes, L. 2012. Direct fitness of group living mammals varies with breeding strategy climate, and fitness estimates. Journal of Animal Ecology (81):1013–1023.

Ebensperger, L. Villegas, A., Abades, S. y Hayes, L. 2014. Mean ecological conditions modulate the effects of group-living and communal rearing on offspring production and survival. Behavioral Ecology (25):862–870.

Ebensperger, L., Correa, L., León, C., *et al.* 2016. The modulating role of group stability on fitness effects of group size is different in females and males of a communally rearing rodent. Journal of Animal Ecology (DOI:10.1111/1365-2656.12566).

Hayes, L., Chesh, A., Castro, R. *et al.* 2009.Fitness consequences of group living in the degu *Octodon degus*, a plural breeder rodent with communal care. Animal Behaviour (78):131–139.

Hennessy, M., Kaiser, S., Sachser, N. 2009. Social buffering of the stress response: diversity, mechanisms, and functions. Frontiers in Neuroendocrinology (30):470–482.

Krause, J., Ruxton, G. 2002. Living in groups. Oxford: Oxford University Press, 210 p.

Sachser, N. y Kaiser, S. 2010. The social modulation of behavioural development. En: Animal behaviour: evolution and mechanisms (Kappeler, P.) Berlin: Springer-Verlag, pp. 505-536.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO | Volumen 29, 2016. Páginas 28-32
Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso

INTERACCIONES GENÉTICO-AMBIENTALES EN EL COMPORTAMIENTO HUMANO

Dr. Pablo R. Moya Vera[*]

Resumen: La conducta animal involucra procesos críticos a nivel ecológico, los que tienen implicancias importantes en la evolución de las especies y sus interacciones con el medio ambiente. Para la selección adecuada de las conductas, tales como alimentarse, reproducirse y defenderse, entre otros, el sistema nervioso de los organismos está en una comunicación constante, recibiendo y procesando estímulos y determinando su proceder de acuerdo a dichas claves ambientales. Similares interacciones entre el ambiente y el organismo, en otros niveles, van seleccionando mecanismos de defensa en otras especies, con ejemplos notables de especialización. En el caso de mamíferos superiores, la manifestación de poderío físico entre individuos impacta en la jerarquía social, y sus consecuencias son aún observables en nuestra especie. La capacidad de empatizar con otros seres humanos o teoría de la mente, tiene consecuencias evidentes en cómo nos desenvolvemos a diario. Del mismo modo, el ambiente en que nos desenvolvemos a diario los seres humanos está sobrecargado de estímulos que van impactando nuestro comportamiento, tanto a nivel individual como colectivo. En este trabajo se revisará brevemente el concepto de interacción genético-ambiental.

Palabras claves: genética del comportamiento, biología humana, interacción genético-ambiental.

Abstract: Animal behavior involves critical processes at ecological level, which in turn have implications both on the evolution of species and their interactions with the environment. When properly selecting behaviors such as feeding, reproduction and defense, the individual´s nervous system is in constant communication with the environment, receiving and processing stimuli in order to properly act based upon those environmental keys. For example, similar interactions with environment select exquisite defensive mechanisms. In the case of higher mammals, manifestation of physical power and dominance critically impact social hierarchy, consequences that are still observable among humans. Our capability to empathize with others (theory of mind) has obvious implications in the way we live daily. Similarly, the occidental lifestyle overloads our senses in a way that severely impact our individual and social behaviors. In this assay, I will briefly review the concept of gene-environment interactions.

Keywords: Behavioral genetics, Human genetics, Genetic-environmental interaction.

[*] Núcleo Milenio NuMIND Centro Interdisciplinario de Neurociencias de Valparaíso. Instituto de Fisiología, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso.

LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL COMPORTAMIENTO HUMANO ¿SON INNATOS O ADQUIRIDOS?

Esta es una antigua disputa científica que primó durante décadas el siglo XX. Podemos reconocer la existencia de **Factores Genéticos**, son hereditarios e independientes de la experiencia individual. Dichos factores constituyen la **Filogenia** del organismo, por ejemplo, el tipo de grupo sanguíneo, o el color de ojos.

Por su parte, los **Factores Ambientales** son todos aquellos relacionados a la **Ontogenia** del organismo, donde podemos mencionar el desarrollo prenatal, la alimentación y las influencias sociales, entre muchos otros. La religión profesada, o la lengua que hablamos son ejemplos de factores ambientales. Además, existe otra categoría de factores que podemos describir como **Factores Interactivos**, que dependen de la interrelación entre las categorías anteriores, por ejemplo, la talla, el peso y el coeficiente de inteligencia (Brigandt, 2005).

Dentro del repertorio conductual de un organismo, podemos describir ciertos comportamientos como instintivos o innatos (del latín *innasci*, “nacer en”). Estos comportamientos innatos están genéticamente programados, y por lo general, son muy poco influenciados por la experiencia o aprendizaje. Los comportamientos innatos son parte de una gama amplia de habilidades esenciales para la sobrevida del organismo. Un tipo particular de comportamientos innatos son los llamados estereotipos comportamentales innatos (FAPs, del inglés *Fixed Action Patterns*). Los FAPs corresponden a secuencias motoras no-modificables, determinadas genéticamente, que son activadas por un estímulo ambiental –una “señal”- y una vez iniciados, se realizan a completitud. Ejemplos de FAPs son los reflejos característicos observables en los recién nacidos (Brigandt, 2005; Schaffner, 2006).

¿TIENE EL COMPORTAMIENTO HUMANO UN COMPONENTE GENÉTICO?

Esta es una pregunta compleja, puesto que, para realizar estudios en humanos, se debe satisfacer una serie de aspectos éticos y legales, y la interpretación de los resultados impacta además en dichas arenas. Sumado a ello, es innegable la complejidad de abordar este tema, dado que la historia de la genética comportamental está marcada por hechos infames, que conviene recordar.

Los inicios de la genética comportamental podemos apuntarlos entre 1870 y 1800, época en que los científicos del área estaban “saliendo” del evolucionismo, y “entrando” a la genética biológica. Mientras la psicología evolutiva enfocaba su interés a estudiar las tendencias humanas universales, los genetistas comportamentales comenzaban a estudiar las diferencias entre individuos. Sir Francis Galton (1822-1911), primo de Charles Darwin, es considerado el pionero de la genética comportamental. Galton postulaba que todos los rasgos humanos, incluida la conducta, estaban únicamente determinados por los genes, sin contribución alguna del medio ambiente. Dicho postulado fue la base de la Eugenesia, término acuñado en 1883 por Galton para describir el uso de la genética en la planificación social. Esto porque Galton consideraba que un apareamiento selectivo de la especie humana, podría garantizar que los “mejores” rasgos pudieran permanecer. Y por defecto, los “peores” rasgos podrían eliminarse. Sus ideas quedaron plasmadas en su libro “*Essay in Eugenics*” (Galton, 1909).

No es difícil imaginar lo que vendría después. El gobierno nazi apoyó oficialmente los principios de la eugenesia. La legislación basada en la eugenesia tiene su clímax en la eutanasia de personas con retardo mental y discapacitados, quienes de acuerdo a los genetistas nazis, podrían contaminar a la población alemana con sus genes no-aptos. Pasó poco tiempo para que la lista de personas genéticamente indeseables incorporase a los judíos; luego a los gitanos, comunistas, católicos y homosexuales. Últimamente, la lista se amplió a todos los opositores políticos al régimen nazi.

Estados Unidos no estuvo exento de la influencia eugenésica. Entre 1905 y 1933, diversos estados tomaron decisiones legales y basaron leyes en la teoría eugenésica. El Acta Johnson de Restricción de Inmigración de 1924 restringió la inmigración desde Europa del Este y del Sur a un 9% del total. El objetivo era producir una población genéticamente pura, lo más similar al perfil de las primeras poblaciones de inmigrantes europeos. Dentro del delirio eugenésico, destaca el trabajo del Dr. Charles B. Davenport, Director del Departamento de Genética Experimental de Cold Spring Harbor, autor del libro “*The Science of Human Improvement*”. El Dr. Davenport creó *pedigrees* de miles de familias, y fue el principal promotor de concursos estatales en los que se premió a las familias “más puras” (*The Fitter Families*). Durante esos años, ocurrió una esterilización masiva en EEUU de personas con bajo coeficiente intelectual, criminales e incluso mujeres con hijos ilegítimos.

Vale la pena recordar que el matrimonio interracial estuvo prohibido en dieciséis estados hasta 1967 (Thomson, 1999).
No fue sino hasta la década de los 80 que la comunidad científica comenzó a dar crédito y atención seria a la genética comportamental y considerarla una ciencia como tal. Utilizando técnicas de ingeniería genética – algunas de las cuales ya estaban incluso disponibles en los 60' s- comenzó por esos años la tarea de mapear el genoma humano. Desde entonces, se han identificado genes responsables de diversas enfermedades como la distrofia muscular, fibrosis quística, enfermedad de Huntington, entre otras. El éxito logrado en identificar y mapear genes de enfermedades humanas sin duda revitalizó el interés en identificar los factores genéticos que subyacen a los rasgos del comportamiento.

TODO COMPORTAMIENTO HUMANO ES PRODUCTO DE LA GENÉTICA Y EL AMBIENTE

La (inexistente) controversia entre la influencia de los genes vs el medio ambiente puede ser explicada por la pregunta análoga "¿qué importa más para calcular el área de un rectángulo: su largo o su ancho?". Es evidente que ambos son relevantes. Sin embargo, resulta útil, a la hora de comparar las áreas de distintos rectángulos, cual es la contribución de cada uno de los factores. Por tanto, el interés es describir las influencias genéticas y comportamentales respecto a la variabilidad existente en una población de individuos.
Para descifrar la interacción entre la influencia genética y del ambiente sobre el comportamiento humano, los genetistas comportamentales disponen, fundamentalmente, de dos herramientas: los estudios en gemelos y los estudios de adopción. Los primeros estudios en gemelos fueron ya descritos por Galton en 1875 en su trabajo *"The History of Twins, as a criterion of the relative power of nature and nurture"*. Existen a la fecha, un gran número de países en el mundo, que han realizado registros y estudios prospectivos de gemelos, lo que ha permitido la caracterización en detalle y a gran escala de las influencias genéticas de una amplia diversidad de rasgos fisiológicos, de riesgo a enfermedades cardiovasculares, rasgos cognitivos y de personalidad (Boomsma, *et al.*, 2002).
Se ha reportado, sistemáticamente, tasas mayores de concordancia entre gemelos (monocigóticos), comparados a mellizos (dicigóticos) para una serie de rasgos de personalidad y trastornos del comportamiento, incluidos alcoholismo, esquizofrenia, enfermedad de Alzheimer, Autismo (Plomin *et al*, 1994; Bouchard, 1994; Bouchard, *et al.*, 1990). De manera irrefutable, por tanto, el comportamiento humano sí tiene un componente genético.

INTERACCIONES GENÉTICO-AMBIENTALES

A la hora de analizar, a nivel poblacional, la probabilidad de riesgo a una cierta patología respecto al nivel de exposición a un estímulo, pueden darse diversos casos:

a) Que, independiente del nivel de exposición a un cierto estímulo ambiental, el riesgo de padecer la enfermedad para un genotipo A sea mayor que el de un genotipo B. En este caso, el **factor genético explica completamente** la varianza de la enfermedad.
b) Que, independiente del genotipo A o B, el nivel de exposición al estímulo ambiental sea directamente proporcional al riesgo de padecer la enfermedad. En esta situación, el **factor ambiental explica completamente** la varianza de la enfermedad.
c) Que el nivel de exposición al estímulo ambiental sea directamente proporcional al riesgo de padecer la enfermedad, pero que el genotipo A siempre tiene mayor riesgo que el genotipo B. En este caso, ambos factores actúan y explican la varianza de la enfermedad de manera **aditiva**, pero cada uno opera de manera independiente del otro.

Una interacción genético- ambiental (GxE) ocurre cuando, para el genotipo A, el nivel de exposición al estímulo ambiental aumenta proporcionalmente el riesgo a padecer una patología, pero con un **factor distinto** al observado en el genotipo B. Si el aumento es mayor (el riesgo crece a mayor exposición ambiental), hablamos de una **interacción genético-ambiental cuantitativa**. Si, por el contrario, a mayor exposición ambiental, el riesgo a la patología disminuye, se trata de una **interacción cualitativa** (el genotipo A actúa como un factor protector y disminuye el riesgo). En general, el término GxE nace de modelos de regresión que buscan dividir la varianza poblacional del riesgo en componentes genéticos y ambientales.

EL CASO DE SERT, EL TRANSPORTADOR DE SEROTONINA

La serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT) es un neuromodulador que participa en una plétora de funciones en el sistema nervioso, incluyendo regulación emocional, sueño, percepción, cognición y apetito. Dicha diversidad notable de roles puede explicarse, a grueso modo, por dos características clave del sistema 5-HTergico: a) su organización anatómica, donde sus cuerpos neuronales, agrupados en los núcleos del *rafe* del tronco encefálico, se proyectan a virtualmente todas las regiones del sistema nervioso, y b) la diversidad molecular y distribución celular diferencial de los catorce subtipos de receptores de 5-HT, expresados en el tejido nervioso y otros órganos (Moya, 2013).

Su acción a nivel de la sinapsis es controlada fuertemente por la proteína transportadora SERT, que regula a nivel espacial y temporal la acción de la serotonina sobre sus receptores específicos de membrana, ubicados tanto a nivel pre-sináptico como post-sináptico. Cambios en la actividad de SERT, por lo tanto, afectan los niveles de acción de este neurotransmisor. Dicha actividad puede afectarse tanto por cambios a nivel funcional (que modifiquen la tasa de transporte), como cambios en los niveles de expresión de la proteína (Murphy y Moya, 2011).

SERT es codificado por el gen *SLC6A4* localizado (en humanos) en el cromosoma 17, y está compuesto por catorce exones. La proteína contiene 630 aminoácidos con doce dominios transmembrana (Murphy, *et al*., 2012).

En 1996, se publicó el primer artículo describiendo un polimorfismo en la región promotor de *SLC6A4*, denominada "región polimórfica asociada al transportador de serotonina" (*5-HT Transporter-Linked Polymorphic Region*, 5-HTTLPR). 5-HTTLPR posee dos variantes diferenciadas por la presencia (*long*, L) o ausencia (*short*, S) de un segmento de 44 pares de bases, ubicadas aproximadamente 1 kb río arriba del sitio de inicio de la transcripción. Se demostró que los alelos S y L tienen actividad transcripcional diferente: comparado a L, el alelo S es menos eficaz (expresa menos transportador). En dicho trabajo, se encontró que el alelo S de 5-HTTLPR se asoció a neuroticismo, un rasgo de personalidad relacionado a ansiedad y depresión. Dicho trabajo fue una de los hitos fundamentales del inicio de la genética psiquiátrica.

En relación a las interacciones genético-ambientales, el grupo de Richie Poulton describió cómo la influencia de estresores en etapas tempranas del desarrollo humano interactuaba con el polimorfismo 5-HTTLPR en la probabilidad de padecer depresión en adultez. Específicamente, se encontró que en portadores con genotipo SS, la probabilidad de episodios de depresión mayor aumentaba de 0.30 en casos de ausencia de maltrato infantil a un valor superior a 0.60 en casos de maltrato severo. Por su parte, los portadores de genotipo LL no presentaron diferencias en la probabilidad de padecer episodios depresivos, independiente del nivel de maltrato infantil. Esta fue la primera demostración de una interacción GxE en el campo de la psiquiatría (Caspi, *et al*., 2003).

CONCLUSIONES

El impacto genético sobre los rasgos comportamiento, incluyendo también la vulnerabilidad a trastornos neuropsiquiátricos, han sido claramente establecidas en humanos, así como en otras especies. Indudablemente, el factor ambiental es un componente muy importante, por lo que resulta crucial dilucidar si dichos factores operan, para un determinado rasgo de la conducta, de manera aditiva o efectivamente interactiva, como se ha discutido aquí. En la actualidad, el conocimiento de los procesos epigenéticos que controlan la expresión génica ha avanzado a pasos agigantados, ofreciendo una base mecanística para, posiblemente, explicar cómo ocurren dichas interacciones. El acceso a tecnologías de secuenciación de bajo costo, además, ofrece un escenario impensado 20 años atrás, para pesquisar variantes genéticas que afecten la vulnerabilidad de los individuos a estresores ambientales. Dicha investigación debiese, sin duda, estar enfocada en proveer al sistema de salud metodologías precisas de pesquisa, y así ofrecer apoyo dirigido a quienes presenten una mayor susceptibilidad a condiciones de vulnerabilidad social, en un esfuerzo mancomunado a nivel país por mejorar las condiciones de crianza, promoción del apego y vinculación afectiva de la infancia.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece el financiamiento vía proyectos FONDECYT 1141272; ICM-MINECOM P-02-022-F CINV; ICM-MINECOM NC130011 NU-MIND, y DIUV-CI Nº 01/2006.

REFERENCIAS

Boomsma D, Bushjan A, Peltonen L. 2002. Classical twin studies and beyond. Nat. Rev Genetics (3), 872-882.

Bouchard Jr., Lykeen, D., McGue, M., *et al*. 1990. Sources of human psychological differences: the Minnesota Study of Twins Reared Apart. Science (250): 223-228.

Bouchard, Jr. 1994. Genes, Environment and Personanility. Science (264):1700-1701.

Brigandt, I. 2005. The Instinct Concept of the Early Konrad Lorenz. Journal of the History of Biology (38): 571–608.

Galton, F. 1909. Essay in Eugenics. London: The Eugenics Education Society, 109 p.

Moya, P. 2013. El transportador de serotonina: variantes genéticas y trastornos neuropsiquiátricos". Rev. Farmacol. Chile 6 (3):19-23.

Murphy, D. y Moya, P. 2011. Human serotonin transporter gene (SLC6A4) variants: their contributions to understanding pharmacogenomics and other functional GxG and GxE differences in health and disease. Current opinion in pharmacology 11(1):3-10.

Murphy, D., Moya, P. Wendland, J. y Timpano, K. 2012. Genetic contributions to obessive-compulsive disorder (OCD) and OCD- related disorders. En: Principles of Psychiatric Genetics (Nurnberger, J., Berrettini, W.) UK: Cambridge University Press. pp. 121-123.

Schaffner, K. 2006b. Behaving: Its Nature and Nurture, Part 2. Wrestling with Behavioral Genetics: Implications for Understanding Selves and Society. Baltimore: Johns Hopkins University Press. pp.40–73.

Thomson, M.1999. Essays in the history of eugenics. Med Hist. 43(3):405–406.

Plomin R, Owen, M. y McGuffin, P. 1994. The Genetic Basis of Complex Human Behaviors. Science (264):1733-1739.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO | Volumen 29, 2016. Páginas 33-39
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

INTERACCIONES DE LA MICROBIOTA INTESTINAL CON EL SISTEMA NERVIOSO

Javier A. Bravo Ph.D y Marcela Julio-Pieper Ph.D***

Resumen: El eje microbiota-intestino-cerebro modula funciones cotidianas del sistema digestivo, inmunológico y también del sistema nervioso central (SNC). Así, alteraciones en la composición de la microbiota intestinal o disbiosis, se han asociado con cambios en funciones del SNC como el comportamiento social, conductas asociadas a ansiedad y depresión, y la dependencia a sustancias de abuso. Es por esto que resulta de interés estudiar las estrategias dirigidas a modificar la composición de la microbiota intestinal como un potencial adyuvante en el tratamiento de condiciones patológicas del SNC. En esta revisión se recoge gran parte de la evidencia descrita sobre los efectos moduladores de la microbiota intestinal sobre la actividad cerebral y el comportamiento, desde etapas tempranas del desarrollo hasta cambios que se han observado en la adultez, demostrando así la importancia de la intrincada relación que existe entre la microbiota intestinal y SNC.

Palabras clave: Eje microbiota-intestino-cerebro, desarrollo, disbiosis, estrés.

Abstract: The microbiota-gut-brain axis modulates daily functions of the digestive, immune and central nervous systems (CNS). Therefore, alterations in gut microbiota composition, also known as dysbiosis, has been associated with changes in CNS function, such as social behavior, anxiety and depression-like behaviors and substance dependency. This is why it has become interesting to evaluate novel strategies directed to modify intestinal microbiota composition as an adjuvant therapy in the treatment of CNS pathologies. This review gathers a large portion of the current evidence describing the modulating effects of gut microbiota over brain activity and behavior, from early-life stages until adulthood, thus demonstrating the importance between of this intricate relation existing between gut microbes and the CNS.

Key words: Microbiota-gut-brain axis, development, dysbiosis, stress.

* Instituto de Química, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Av. Universidad 330, Curauma, Valparaíso. Región de Valparaíso. Chile. Tel: +56 32 227 4965. Fax: +56 32 227 4963. E-mail address: javier.bravo@pucv.cl.

** Instituto de Química, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Av. Universidad 330, Curauma, Valparaíso. Región de Valparaíso. Chile. Tel: +56 32 227 4951. Fax: +56 32 227 4963. E-mail address: marcela.julio@pucv.cl.

INTRODUCCIÓN

Existe una comunicación bidireccional entre el sistema nervioso central (SNC) y sistema gastrointestinal. Esta comunicación es lo que hoy en día llamamos eje cerebro-intestino (Bravo, *et al.* 2012a), en la cual se pueden identificar vías de comunicación anatómicas, como por ejemplo los nervios vago, toracolumbares y sacros, hormonas como la corticosterona y también el sistema inmune y sus mediadores (citoquinas) (Figura 1). Y aunque se trate de órganos muy distintos, que además están localizados en compartimientos anatómicos diferentes, es una interacción crucial para el funcionamiento adecuado del individuo. El medio ambiente, que incluye a las millones de bacterias y otros microorganismos que habitan nuestro intestino, modula el funcionamiento de este eje. Estos microorganismos, también conocidos como microbiota intestinal, son muy abundantes. Solo para poner en perspectiva, en el intestino humano habitan entre 1 x 10^{13} y 1 x 10^{14} microorganismos, lo que significa que por cada una de nuestras células hay 10 microorganismos (Cryan y Dinan, 2012). Además, la microbiota intestinal tiene 150 veces más genes que nuestro genoma (Cryan y Dinan, 2012). Este gran número de organismos y genes que habitan el lumen intestinal, hacen mucho más que ayudar en el proceso de digestión. Así, las alteraciones en la composición de las distintas especies de bacterias de la microbiota intestinal pueden generar efectos sobre la salud del individuo. Por ejemplo, actualmente se sabe de la existencia de una microbiota obesogénica, que aparece cuando la dieta es enriquecida en carbohidratos y grasas, y contribuye aún más a la obesidad del individuo (Ley, *et al.* 2006, Turnbaugh, *et al.* 2006, Turnbaugh y Gordon, 2009). Algunas alteraciones en la microbiota también pueden afectar funciones endocrinas (Sudo, *et al.* 2004, Bravo, *et al.* 2011, Markle, *et al.* 2013), y más recientemente se ha descrito que cambios en la microbiota afectan procesos tempranos de desarrollo del SNC y promueven la aparición de conductas asociadas a enfermedades psiquiátricas (Bravo, *et al.* 2012a, Cryan y Dinan, 2012).

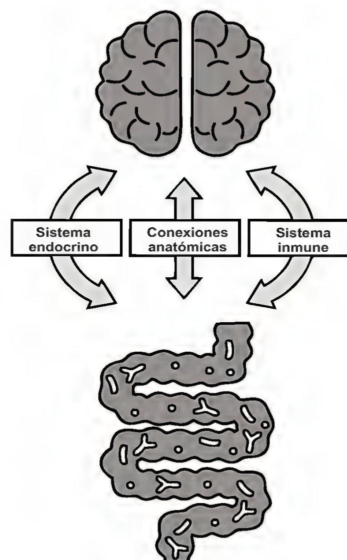


Figura 1: Eje microbiota-intestino-cerebro. La conexión bidireccional entre la microbiota intestinal y el sistema nervioso central queda establecida por vías nerviosas (nervios vagos, toracolumbar y sacro), vías endocrinas (eje hipotálamo-pituitaria-corteza suprarrenal, con el cortisol como principal hormona efectora) y vía inmunes (células del sistema inmune y sus mediadores: las citoquinas). Las alteraciones en la microbiota intestinal, también llamada disbiosis corresponden a un estímulo que repercuten sobre la actividad del eje intestino-cerebro.

LA MICROBIOTA INTESTINAL EN LAS PRIMERAS ETAPAS DEL DESARROLLO

Siempre se ha considerado que el ambiente intrauterino está libre de bacterias, y que al momento de nacer comienza la colonización de nuestro tubo digestivo. Esta colonización comienza cuando el neonato pasa por el canal del parto, y continua postnatalmente durante el periodo de lactancia materna (Adlerberth y Wold, 2009. Grenham, *et al.*, 2011. Fouhy *et al.* 2012). Este proceso ocurre de manera progresiva, con una colonización inicial por bacterias anaeróbicas facultativas y más tardíamente por bacterias anaeróbicas. Cerca del primer año de vida la composición de la microbiota intestinal se ha estabilizado, y ya es similar a la de un adulto (Grenham, *et al.* 2011).

Sin embargo, el proceso natural de colonización intestinal puede ser diferente dependiendo el tipo de nacimiento que tenga el individuo. Por ejemplo, aquellos niños que nacen por parto vaginal, son colonizados por una gran cantidad de bacterias (*Bifidobacterium*, *E. coli*, *Klebsiella*, etc.), mientras que en niños que nacen por cesárea, la colonización intestinal se limita a muy pocas especies bacterianas (principalmente *E. coli*) (Biasucci, *et al*. 2008). La colonización diferente entre los nacidos por parto vaginal y cesárea afecta la fisiología intestinal y el desarrollo del sistema inmune (Fanaro *et al*. 2003, Boehm, *et al*. 2004, Biasucci, *et al*. 2008): por ejemplo, se ha observado que el parto vaginal promueve la producción de varias citoquinas durante el periodo neonatal (Malamitsi-Puchner, *et al*. 2005), y también se ha vinculado el parto por cesárea a una mayor ocurrencia de enterocolitis necrotizante en neonatos prematuros (Hallstrom, *et al*. 2004).

Adicionalmente, la microbiota intestinal también puede verse afectada por otro tipo de intervenciones en el periodo neonatal, como por ejemplo el uso de antibióticos de amplio espectro. Éstos han permitido salvar incontables vidas, sin embargo hay antecedentes que sugieren que la exposición a antibióticos durante el periodo neonatal aumenta la incidencia de enterocolitis necrotizante (Kenyon, *et al*. 2001, Rautava, *et al*. 2012, Weintraub, *et al*. 2012), enfermedad de Crohn (Hviid, *et al*. 2011), alergias (Foliaki, *et al*. 2009), obesidad (Ajslev, *et al*. 2011, Cho, *et al*. 2012) e incluso parálisis cerebral (Kenyon, *et al*. 2008). Lo anterior sugiere que el uso de antibióticos durante el periodo neonatal no solo afecta la colonización intestinal, sino que también el desarrollo de una interacción saludable entre microbiota y hospedero, la cual impacta sobre la salud del individuo en sistemas que van más allá del tracto gastrointestinal, como por ejemplo el sistema inmune, el sistema endocrino, y el sistema nervioso central.

La microbiota que se va adquiriendo durante el periodo postnatal no es la única importante para el desarrollo del neonato. Actualmente hay evidencia que sugiere que la microbiota intrauterina de la embarazada es relevante para la salud postnatal de su hijo. Como se mencionó al principio, por años se ha considerado que el ambiente intrauterino es estéril y libre de bacterias. Sin embargo, se ha descrito la existencia de una microbiota presente en los anexos embrionarios, la cual al verse afectada en su composición se relaciona con partos prematuros (inferiores a 37 semanas de gestación) (Aagaard, *et al*. 2014).

Además, se ha relacionado el uso de antibióticos en el último trimestre de embarazo con una mayor incidencia de obesidad en niños (Mueller, *et al*. 2015), lo que nuevamente sugiere que la interacción entre bacterias y hospedero comienza desde la gestación.

DESARROLLO EN AUSENCIA DE MICROBIOTA

En animales de laboratorio es posible manipular las condiciones ambientales de manera que éstos nazcan y se desarrollen en un entorno completamente estéril. Estos animales se denominan axénicos, y la ausencia de microbiota hace que tengan características distintas a las de aquellos que fueron criados en condiciones convencionales. Por ejemplo, los animales axénicos al compararse con animales convencionales tienen el ciego agrandado, una superficie intestinal reducida, una menor área de células enterocromafines, placas de Peyer pequeñas, un menor espesor en las vellosidades intestinales, mayor masa ósea, hipersecreción de glucocorticoides ante un estímulo estresante, entre otras anomalías (Wostmann y Bruckner-Kardoss, 1959, Gordon y Bruckner-Kardoss 1961, Abrams *et al*. 1963, Shanahan, 2002, Sudo, *et al*. 2004, Grenham, *et al*. 2011, Sjogren, *et al*. 2012). A nivel del sistema nervioso central también hay consecuencias generadas por la ausencia de microbiota: por ejemplo, los ratones axénicos tienen menos conductas similares a la ansiedad en comparación con animales convencionales (Neufeld, *et al*. 2011, Clarke, *et al*. 2013), mayor actividad locomotora (Heijtz, *et al*. 2011), y una reducida capacidad de interacción social con otros ratones (Desbonnet, *et al*. 2013). Además, los animales axénicos muestran cambios en la expresión de genes relacionados con sistemas de neurotransmisores y neurotrofinas: tienen una menor expresión del ARNm del receptor a serotonina 5-HT_{1A} a nivel del hipocampo (Neufeld, *et al*. 2011), junto con una menor expresión de las subunidades NR-1 y NR-2a del receptor a N-metil-D-aspartato (NMDA), y de la neurotrofina derivada de cerebro (BDNF) también a nivel hipocampal y cortical (Sudo, *et al*., 2004).

Junto con lo anterior, se ha observado que los ratones axénicos presentan una mayor mielinización en la corteza prefrontal (Hoban, *et al*., 2016), lo que refuerza la idea de que la microbiota intestinal es de gran importancia para el neurodesarrollo, ya que ante la ausencia de microbiota se altera la expresión de genes en el SNC y se modifica la conducta de los animales. Sin embargo, el uso de animales axénicos sirve solo como una prueba de concepto para evidenciar las consecuencias de la ausencia de microbiota, ya que el desarrollo de un individuo en condiciones estériles está muy alejado de lo que ocurre en la naturaleza.

EFECTOS DE LAS INTERVENCIONES EN LA MICROBIOTA INTESTINAL SOBRE EL SISTEMA

La evidencia actual sugiere que la microbiota intestinal es un novedoso blanco para el desarrollo de terapias, sobre todo para el tratamiento de enfermedades psiquiátricas. Al respecto, ya se ha demostrado que el uso de antibióticos de amplio espectro, y que no se absorben a nivel intestinal, disminuye las conductas similares a la ansiedad en animales de experimentación (Bercik, *et al*. 2011a). Por otro lado, la administración de bacterias con características de probióticos, es decir bacterias vivas que al administrarse por vía oral en cantidades adecuadas son capaces de conferirle un beneficio al hospedero, también ha demostrado ser una buena estrategia para el tratamiento de enfermedades psiquiátricas asociadas al estrés. Por ejemplo, la administración de una mezcla de *Lactobacillus rhamnosus* R0011 y *Lactobacillus helveticus* R0052 a ratones infectados con *Citrobacter rodentium*, previene los efectos negativos que *C. rodentium* tiene sobre la memoria espacial de estos ratones (Gareau, *et al*., 2011). También se ha demostrado que el probiótico *Bifidobacterium longum* NCC3001 es capaz de reducir las conductas similares a la ansiedad en ratones infectados con el parásito *Trichuris muris*, y en animales con diarrea inducida por ingestión de dextran sulfato de sodio (DSS) (Bercik, *et al*. 2011b). Por otro lado, la administración por vía oral de *Lactobacillus rhamnosus* JB-1 a ratones adultos sanos produce en ellos efectos ansiolíticos y antidepresivos (Bravo, *et al*., 2011). Estos cambios en conducta causados por la administración de *L. rhamnosus* JB-1 ocurren en conjunto con cambios en la expresión de los ARNm de las subunidades $GABA_{A\alpha 1}$ y $GABA_{A\alpha 2}$ del receptor a ácido - γ aminobutírico (GABA) en la corteza prefrontal, el hipocampo y la amígdala (Bravo *et al*. 2011).

Más aun, estos cambios no ocurren si a los animales se les secciona quirúrgicamente el nervio vago y luego se alimentan con *L. rhamnosus* JB-1, lo que sugiere que los efectos de la bacteria sobre comportamiento y expresión de genes en el SNC dependen del nervio vago (Bravo, *et al*., 2011). Lo anterior demuestra que un cambio en la microbiota, inducido por la introducción de una sola especie de Lactobacilo, es capaz de mejorar la respuesta conductual a estresores novedosos en animales sanos. Más aún, esta mejora es la consecuencia de cambios en la expresión de genes en el SNC que afectan finalmente la conducta del animal y para que ocurra, es necesaria la comunicación mediada por el nervio vago (Bravo, *et al*., 2011).
La evidencia del efecto de probióticos sobre el comportamiento humano es un poco más escasa. Sin embargo, hay evidencia que muestra que la administración de una preparación láctea con los probióticos *L. helveticus* R0052 y *Bifidobacterium longum* R0157 reduce indicadores asociados a ansiedad en voluntarios sanos (Messaoudi, *et al*. 2011). En otro trabajo, Tillisch y colaboradores demostraron mediante estudios de resonancia magnética que mujeres sanas, luego de recibir un producto compuesto por un consorcio de cinco cepas bacterianas, presentaron cambios en la actividad de regiones cerebrales encargadas de procesar emociones y la percepción sensorial (Tillisch, *et al*. 2013). Estos resultados nuevamente sugieren que la microbiota intestinal es un interesante blanco terapéutico para el tratamiento de enfermedades que van más allá del sistema gastrointestinal, y refuerzan aún más la importancia del eje microbiota-intestino-cerebro.
En pacientes que padecen patologías como autismo, dependencia a sustancias de abuso, ansiedad y depresión, todas relacionadas con el sistema nervioso central y el comportamiento, se ha encontrado la existencia de disbiosis a nivel intestinal (Neufeld, *et al*. 2011, Brookes, *et al*. 2013, De Angelis, *et al*. 2013, Leclercq, *et al*. 2014). La asociación entre la disbiosis intestinal y las manifestaciones conductuales de psicopatologías ha permitido sugerir a la estrategia de modificación microbiana como un adyuvante del tratamiento farmacológico y psicológico (Bravo, *et al*. 2012b). Evidencia de esto son los hallazgos de Leclercq y colaboradores, quienes detectaron una alta permeabilidad intestinal y elevados niveles de componentes bacterianos en el plasma de pacientes dependientes al alcohol (Leclercq, *et al*., 2014).

Además, Leclercq y colaboradores encontraron que en un subgrupo de pacientes, luego de 3 semanas de abstinencia, la permeabilidad intestinal y la composición de la microbiota se normalizaron, mientras que en otro grupo de pacientes, que luego del período de abstinencia permanecieron con una permeabilidad intestinal aumentada, se observó una persistencia de la disbiosis, el deseo por el consumo y los signos de depresión (Leclercq, *et al*., 2014). Esta evidencia sugiere que un potencial complemento para el tratamiento del alcoholismo serían las estrategias destinadas a modificar la composición de la microbiota.

CONSIDERACIONES FINALES

Hoy en día es posible considerar a la microbiota intestinal como parte esencial del eje intestino-cerebro. Así, el eje cerebro-intestino-microbiota, o microbiota-intestino-cerebro, dependiendo desde qué perspectiva se esté realizando el estudio, muestra una intrincada relación que existe entre reinos tan distintos como el animal y el de los microorganismos que habitan el lumen intestinal. Además, las bacterias intestinales son esenciales para el funcionamiento adecuado de la fisiología animal, ya que la ausencia de estos simbiontes produce una serie de alteraciones en múltiples sistemas, incluso en sistemas que van más allá del gastrointestinal, como por ejemplo el sistema nervioso central. Es más, el desarrollo del SNC depende de las bacterias a las que estamos expuestos, incluso desde antes del momento de nacer. Además, la evidencia pone de manifiesto las consecuencias que puede generar las alteraciones en la colonización intestinal desde las primeras etapas de vida post-natal sobre el desarrollo del individuo, donde se debe considerar por ejemplo el tipo de nacimiento (parto natural o cesárea), la exposición temprana a antibióticos u otro tipo de agentes que sean capaces de generar una disbiosis (por ej.: el exceso de limpieza en el hogar), y alteraciones en la dieta. Finalmente, cuando se habla de interacciones entre el individuo y su medio ambiente, no solo se debe tomar en cuenta lo que ocurre a su alrededor, sino que también su contenido intestinal. La microbiota es sensible a los cambios medioambientales externos, y a su vez el organismo es también sensible a los cambios que ocurran en la microbiota intestinal. Así, los hábitos saludables desde los primeros momentos de vida tras el nacimiento, aportan a disminuir el estrés sobre el individuo, y contribuyen a mantener una microbiota saludable, la que a su vez nos beneficia con una buena salud intestinal, inmunológica y psiquiátrica, generando un círculo virtuoso en favor del bienestar general.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al financiamiento de FONDECYT, proyecto #1140776, y a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios Avanzados de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

REFERENCIAS

Aagaard, K., Ma, J., Antony, K., *et al.* 2014. The placenta harbors a unique microbiome. Sci. Transl. Med. 6 (237): 237-265.

Abrams, G., Bauer, H. y Sprinz, H. 1963. Influence of the normal flora on mucosal morphology and cellular renewal in the ileum. A comparison of germ-free and conventional mice. Lab. Invest. (12): 355-364.

Adlerberth, I. y Wold, A. 2009. Establishment of the gut microbiota in Western infants. Acta Paediatr. 98(2): 229-238.

Ajslev, T., Andersen, C., Gamborg, M., *et al.* 2011. Childhood overweight after establishment of the gut microbiota: the role of delivery mode, pre-pregnancy weight and early administration of antibiotics. International Journal of Obesity 35(4): 522-529.

Bercik, P., Denou, E., Collins, J. *et al.* 2011a. The intestinal microbiota affect central levels of brain-derived neurotropic factor and behavior in mice. Gastroenterology 141(2): 599-609.

Bercik, P., Park, A., Sinclair, D. Khoshdel, A., *et al.* 2011b. The anxiolytic effect of Bifidobacterium longum NCC3001 involves vagal pathways for gut-brain communication. Neurogastroenterol Motil 23(12): 1132-1139.

Biasucci, G., Benenati, B., Morelli, L., *et al.* 2008. Cesarean delivery may affect the early biodiversity of intestinal bacteria. J Nutr 138(9): 1796S-1800S.

Boehm, G., Jelinek, J., Knol, J., *et al.* 2004. Prebiotics and immune responses. J Pediatr Gastroenterol Nutr 39 Suppl 3: 772-773.

Bravo, J., Forsythe, P., Chew, M., *et al.* 2011. Ingestion of Lactobacillus strain regulates emotional behavior and central GABA receptor expression in a mouse via the vagus nerve. Proceedings of the National Academy of Sciences 108(38): 16050-16055.

Bravo, J., Julio-Pieper, M., Forsythe, P., *et al.* 2012a. Communication between gastrointestinal bacteria and the nervous system. Curr Opin Pharmacol 12(6): 667-672.

Bravo, J., Julio-Pieper, M., Forsythe, P., *et al.* 2012b. Communication between gastrointestinal bacteria and the nervous system. Curr Opin Pharmacol 12(6): 667-672.

Brookes, S., Spencer, N., Costa, M. y Zagorodnyuk, V. 2013. Extrinsic primary afferent signalling in the gut. Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol. 10(5): 286-296.

Clarke, G., Grenham, S., Scully, P., *et al.* 2013. The microbiome-gut-brain axis during early life regulates the hippocampal serotonergic system in a sex-dependent manner. Mol Psychiatry 18(6): 666-673.

Cryan, J. y Dinan, T. 2012. Mind-altering microorganisms: the impact of the gut microbiota on brain and behaviour. Nat. Rev. Neurosci. 13(10): 701-712.

Cho, I., Yamanishi, S., Cox, L., *et al.* 2012. Antibiotics in early life alter the murine colonic microbiome and adiposity. Nature 488(7413): 621-626.

De Angelis, M., Piccolo, M., Vannini, L., *et al.* 2013. Fecal microbiota and metabolome of children with autism and pervasive developmental disorder not otherwise specified. Plos One 8(10): e76993.

Desbonnet, L., Clarke, G., Shanahan, F., *et al.* 2013. Microbiota is essential for social development in the mouse. Mol Psychiatry (19):146–148.

Fanaro, S., Chierici, R., Guerrini, P. y Vigi, V. 2003. Intestinal microflora in early infancy: composition and development. Acta Paediatr Suppl 91(441): 48-55.

Foliaki, S., Pearce, N., Bjorksten, B., et al. 2009. International Study of, A y Allergies in Childhood Phase, IIISG. Antibiotic use in infancy and symptoms of asthma, rhinoconjunctivitis, and eczema in children 6 and 7 years old: International Study of Asthma and Allergies in Childhood Phase III. Journal of Allergy and Clinical Immunology 124(5): 982-989.

Fouhy, F., Guinane, C., Hussey, S., *et al.* 2012. High-throughput sequencing reveals the incomplete, short-term recovery of infant gut microbiota following parenteral antibiotic treatment with ampicillin and gentamicin. Antimicrob Agents Chemother 56(11): 5811-5820.

Gareau, M., Wine, E., Rodrigues, D., *et al.* 2011. Bacterial infection causes stress-induced memory dysfunction in mice. Gut 60(3): 307-317.

Gordon, H. y Bruckner-Kardoss, E. 1961. Effect of normal microbial flora on intestinal surface area. Am. J. Physiol. (201):175-178.

Grenham, S., Clarke, G., Cryan, J. y Dinan, T. 2011. Brain-gut-microbe communication in health and disease. Front Physiol (2): 94.

Hallstrom, M., Eerola, E., Vuento, R., *et al.* 2004. Effects of mode of delivery and necrotising enterocolitis on the intestinal microflora in preterm infants. Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. 23(6):463-470.

Heijtz, R., Wang, S., Anuar, F. *et al.* Normal gut microbiota modulates brain development and behavior. Proceedings of the National Academy of Sciences 108(7): 3047-3052.

Hoban, A., Stilling, R., Ryan, F. *et al.* 2016. Regulation of prefrontal cortex myelination by the microbiota. Transl Psychiatry (6): e774.

Hviid, A., Svanstrom, H. y Frisch, M. 2011. Antibiotic use and inflammatory bowel diseases in childhood. Gut 60(1): 49-54.

Kenyon, S., Pike, K., Jones, D. *et al.* 2008. Childhood outcomes after prescription of antibiotics to pregnant women with spontaneous preterm labour: 7-year follow-up of the ORACLE II trial. Lancet 372(9646): 1319-1327.

Kenyon, S., Taylor, D., Tarnow-Mordi, W. y Group, O. 2001. Broad-spectrum antibiotics for preterm, prelabour rupture of fetal membranes: the ORACLE I randomised trial. ORACLE Collaborative Group. Lancet 357(9261): 979-988.

Leclercq, S., Matamoros, S., Cani, P. *et al.* 2014. Intestinal permeability, gut-bacterial dysbiosis, and behavioral markers of alcohol-dependence severity. Proceedings of the National Academy of Sciences 111 (42): pp. E4485-4493.

Ley, R., Turnbaugh, P., Klein, S. y Gordon, J. 2006. Microbial ecology: human gut microbes associated with obesity. Nature 444 (7122): 1022-1023.

Malamitsi-Puchner, A., Protonotariou, E., Boutsikou, T., *et al.* 2005. The influence of the mode of delivery on circulating cytokine concentrations in the perinatal period. Early Hum Dev 81(4): 387-392.

Markle, J., Frank, D., Mortin-Toth, S., *et al.* 2013. Sex differences in the gut microbiome drive hormone-dependent regulation of autoimmunity. Science 339 (6123):1084-1088.

Messaoudi, M., Lalonde, R., Violle, N., *et al.* 2011. Assessment of psychotropic-like properties of a probiotic formulation (Lactobacillus helveticus R0052 and Bifidobacterium longum R0175) in rats and human subjects. Br J Nutr 105(5): 755-764.

Mueller, N., Whyatt, R., Hoepner, L., *et al.* 2015. Prenatal exposure to antibiotics, cesarean section and risk of childhood obesity. Int. J. Obes. 39(4): 665-670.

Neufeld, K., Kang, N., Bienenstock, J. y Foster, J. 2011. Reduced anxiety-like behavior and central neurochemical change in germ-free mice. Neurogastroenterol. Motil. 23(3): 255-264.

Rautava, S., Luoto, R., Salminen, S. y Isolauri, E. 2012. Microbial contact during pregnancy, intestinal colonization and human disease. Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol. 9(10): 565-576.

Shanahan, F. 2002. The host-microbe interface within the gut. Best Pract Res Clin Gastroenterol 16(6): 915-931.

Sjogren, K., Engdahl, C., Henning, P., *et al.* 2012. The gut microbiota regulates bone mass in mice. J. Bone. Miner. Res. 27(6): 1357-1367.

Sudo, N., Chida, Y., Aiba, Y., *et al.* 2004. Postnatal microbial colonization programs the hypothalamic-pituitary-adrenal system for stress response in mice. J. Physiol. 558 (Pt 1): 263-275.

Tillisch, K., Labus, J., Kilpatrick, L., *et al.* 2013. Consumption of fermented milk product with probiotic modulates brain activity. Gastroenterology 144(7):1394-1401.

Turnbaugh, P. y Gordon, J. 2009. The core gut microbiome, energy balance and obesity. J. Physiol. 587(Pt 17): 4153-4158.

Turnbaugh, P., Ley, R., Mahowald, M., *et al.* 2006. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. Nature 444(7122):1027-1031.

Weintraub, A., Ferrara, L., Deluca, L., *et al.* 2012. Antenatal antibiotic exposure in preterm infants with necrotizing enterocolitis. J. Perinatol. 32(9): 705-709.

Wostmann, B. y Bruckner-Kardoss, E. 1959. Development of cecal distention in germ-free baby rats. Am. J. Physiol. 197: 1345-1346.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 29, 2016. Páginas 40-45
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

NEUROMODULACIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL PARA EL TRATAMIENTO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON: ¿CUÁLES SON LOS PRÓXIMOS PASOS A SEGUIR?

María Florencia Alamos Grau, Rómulo Fuentes Flores***

Resumen: La Enfermedad de Parkinson (EP) se caracteriza por presentar una disfunción progresiva de la función motora la cual se debe a la pérdida de las neuronas dopaminérgicas de la vía nigroestriatal. La mejor terapia sintomática farmacológica, la levodopa, presenta limitaciones en el largo plazo, mientras que la estimulación eléctrica de núcleos subcorticales (Estimulación Cerebral profunda - ECP), otra terapia sintomática exitosa, es considerada sólo para una pequeña fracción de pacientes con EP. La Estimulación de la Medula Espinal (EME) ha sido propuesta como un tratamiento para EP que no presentaría problemas a largo plazo y que podría usarse en una población más amplia dada su menor invasividad. La EME controla efectivamente los síntomas motores de la EP tanto en modelos animales como en pacientes con EP. Este efecto se lograría por dos mecanismos diferentes: i) la disrupción del exceso de actividad sincrónica en el circuito neural motor (mecanismo de corto plazo), y ii) por cambios en la expresión génica que desembocan en plasticidad neural (mecanismo a largo plazo). Aún se requiere profundizar en los mecanismos que subyacen a esta estrategia terapéutica, sin embargo la EME es una opción prometedora para complementar los tratamientos disponibles para la EP en la actualidad.

Palabras claves: Enfermedad de Parkinson, estimulación de la médula espinal, sincronía neural, neuromodulación, banda beta, núcleos de la base.

Abstract: Parkinson's disease (PD) is characterized by progressive motor dysfunction, which is largely due to the loss of dopaminergic neurons of the nigrostriatal pathway. The best symptomatic therapy drug, levodopa, has limitations in the long term, while electrical stimulation of subcortical nuclei (deep brain stimulation - DBS), another successful symptomatic treatment, is considered only for a small fraction of PD patients. Spinal Cord Stimulation (SCS) has been proposed as a treatment for PD that would not present long-term problems and also could be used in a broader population since it is less invasive. SCS effectively controls the motor symptoms of PD in both animal models and patients with PD. This effect might be achieved by two different mechanisms: i) the disruption of excess synchronized activity in the motor neural circuit (short-term mechanism), and ii) changes in gene expression that produces modifications in neural plasticity (long-term mechanism). Although there is the need to deepen in the mechanism underlying its therapeutic effects, SCS is a promising option to complement existing treatments for PD.

Key words: Parkinson's disease, spinal cord stimulation, neuromodulation, neuronal synchrony, beta band, basal nuclei.

*Médica cirujana, candidata a doctora, Programa Doctorado Neurociencias, Escuela de Medicina, Universidad Católica, Marcoleta 391, Santiago de Chile. Capítulo de Médicos científicos del Colegio Médico de Chile A.G.

** Bioquímico, doctor, Programa de Fisiología y Biofísica, ICBM, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Independencia 1027, 8389100 Independencia, Chile. romulo@neuro.med.uchile.cl

INTRODUCCIÓN

La Enfermedad de Parkinson (EP) es uno de los trastornos neurodegenerativos más frecuentes en la actualidad, afectando entre 1% y 2% de la población sobre 60 años (Lewitt, 2008; Meireles y Massano, 2012). Si bien sus síntomas afectan tanto la función motora como aspectos neurológicos/cognitivos no-motores, en esta revisión nos enfocaremos en sus principales manifestaciones clínicas motoras, que incluyen (revisado por Kalia y Lang, 2015; Lees, et al., 2009):

i) la bradicinesia, o lentitud en la ejecución de movimientos
ii) la rigidez, expresada como la resistencia al movimiento pasivo de una articulación
iii) el temblor de reposo, definido como un temblor que afecta principalmente las extremidades y que se presenta solo durante el reposo y desaparece cuando el individuo ejecuta alguna acción
iv) los trastornos posturales(4), que es la pérdida de la capacidad de mantener una postura erguida.

Entre los hallazgos fisiopatológicos más relevantes de la EP está la degeneración de las neuronas dopaminérgicas de la Substancia Nigra Pars Compacta (SNpc) (revisado por Kalia y Lang, 2015). Estas neuronas proyectan hacia el núcleo estriado, la puerta de entrada a los núcleos de la base. Los núcleos de la base son un conjunto de estructuras subcorticales que seleccionan y dan inicio a las secuencias de movimientos que constituyen la función motora (por ejemplo, la marcha, alcanzar un objeto con la mano, etc.) (Grillner, *et al.*, 2005). En el núcleo estriado conviven dos vías neuronales, llamadas vía directa y vía indirecta, respectivamente (Lang y Lozano, 1998). La teoría con mayor aceptación sobre el funcionamiento de los núcleos de la base en el control motor es que la activación de la vía directa sería favorable al inicio o mantención del movimiento, por tanto sería una vía pro-cinética, mientras que la actividad de la vía indirecta prevendría el inicio del movimiento o haría éste cesar una vez iniciado (Albin, et al., 1989), por la tanto la vía indirecta sería una vía anti-cinética o desfavorable al movimiento. A partir de evidencia más reciente, se ha sugerido que el control de la función motora en los núcleos de la base se logra mediante la interacción dinámica y constante de estas dos vías (Cui, *et al.,* 2013).

En condiciones normales, las neuronas de la SNpc proveen niveles más o menos estables del neurotransmisor modulador dopamina al estriado. A estas concentraciones, la dopamina favorece o permite la activación de la vía directa y simultáneamente deprime o desfavorece la actividad de la vía indirecta, facilitando el movimiento. En la EP la concentración de dopamina en el estriado se encuentra disminuida debido a la muerte de las neuronas dopaminérgicas, lo cual desfavorece la actividad de la vía directa mientras que favorece a la vía indirecta, alterando así el equilibrio entre estas dos vías, lo que resulta en la disminución de la función motora característica de la EP (Lang y Lozano, 1998).

En paralelo al deterioro de la función motora causado por la baja concentración de dopamina en el estriado, se observan también patrones de actividad neuronales anormales en los núcleos de la base, corteza y el tálamo. Estos patrones consisten principalmente en la sincronización masiva de la actividad neuronal, tanto a nivel de áreas o núcleos puntuales, y también sincronía o coherencia entre distintas áreas (Santana, *et al.*, 2014). Esta actividad sincrónica es también rítmica, por lo tanto se evidencia por oscilaciones regulares de alta amplitud de señales neuronales eléctricas obtenidas mediante electrodos insertados en dichas áreas. Estas oscilaciones han sido bien caracterizadas en pacientes de EP y en modelos animales y parecen concentrarse en la banda de frecuencia llamada beta, definida aproximadamente entre los 11 y los 30 Hz (Fuentes, *et al.,* 2009; Levy, *et al.*, 2002; Santana, *et al*., 2014).

Dado que uno de los problemas principales de la EP es la baja concentración de dopamina, gran parte de las terapias están orientadas a aumentar la dopamina o sus efectos por diversos métodos. Una forma es administrar el precursor químico inmediato de ésta. Esta molécula, llamada levodopa, fue descrita en la década de los 50 y actualmente sigue siendo el tratamiento de primera línea para el tratamiento de los síntomas motores de la EP (Carlsson, 2002; Lewitt, 2008). Esta droga es extremadamente eficaz en mejorar la función motora en las primeras etapas de la enfermedad (Goetz, et al., 2005; Lewitt, 2008), sin embargo su uso prolongado se asocia a complicaciones tales como fluctuaciones severas de la función motora y movimientos involuntarios, llamados discinesias (Ahlskog y Muenter, 2001; Olanow, et al., 2004). Otra estrategia terapéutica efectiva para la EP es la estimulación cerebral profunda (ECP), esta técnica consiste en estimular con pulsos eléctricos de alta frecuencia distintos núcleos de la base, el particular el núcleo subtalámico (Benabid, 2003; Okun, 2012).

El efecto terapéutico de la ECP sobre la función motora ha demostrado ser satisfactorio, sin embargo, el uso de la ECP no está exento de complicaciones, algunos derivados de su naturaleza altamente invasiva, por lo cual la selección para éste procedimiento es altamente exigente, y por consiguiente sólo una pequeña fracción (1-4%) de los pacientes con EP son candidatos elegibles para la implantación de este dispositivo (Morgante, *et al.*, 2007). Otro reto terapéutico para las terapias convencionales ha sido el control de los síntomas axiales, dado que responden pobremente tanto a la levodopa como a la ECP (Goetz, *et al.*, 2005; Grabli, *et al.*, 2012; Hamani, *et al.*, 2008; Williams, *et al.*, 2010). En este contexto, donde la mejor terapia farmacológica disponible presenta complicaciones en el largo plazo, y la mejor terapia basada en neuromodulación no está disponible para la mayoría de los pacientes, surge la propuesta de usar estimulación de la médula espinal (EME) como una estrategia terapéutica para mejorar los síntomas motores de la EP. La EME se aplica en forma epidural, por lo tanto, no invade los tejidos nerviosos en absoluto, y ha mostrado que podría aplicarse para los síntomas que son menos sensibles a las opciones de tratamiento convencionales como es el caso de los síntomas axiales y también como una estrategia menos invasiva que la ECP, con un potencial de ser usada en una mayor proporción de pacientes y probablemente sin pérdida de efectividad a largo plazo.

En el presente artículo se revisa la evidencia disponible sobre el rol de la EME sobre los síntomas motores de la EP tanto en modelos animales como en pacientes con EP. Además se discute brevemente el posible mecanismo de acción por el cual la EME estaría ejerciendo su efecto terapéutico y, finalmente, se plantea en qué dirección deberían dirigirse los esfuerzos clínicos y de investigación en relación al uso regular de EME en la EP.

EVIDENCIA EN MODELOS ANIMALES Y PACIENTES, GÉNESIS DE LA PROPUESTA DE EME PARA LA EP

La propuesta del uso de la EME para la EP surge a raíz de la conjunción de dos conceptos. El primero dice relación con el hecho de poder realizar neuromodulación de los patrones de actividad sincrónica cerebral *sin invadir el cerebro*. Esto se puede alcanzar por estimulación eléctrica de nervios periféricos. Por ejemplo, la estimulación eléctrica de alta frecuencia de la rama del nervio trigémino que inerva las vibrisas en la rata puede interrumpir la sincronía neuronal masiva de baja frecuencia que se da en la corteza y el tálamo, cuando ocurre una a una crisis epiléptica(Fanselow, *et al.*, 2000). En este caso la sincronía de baja frecuencia es el correlato neurofisiológico de la patología, y su interrupción mediante la estimulación periférica trae como resultado el cese de la crisis epiléptica. El segundo concepto dice relación con que el aumento exagerado de la sincronía de la actividad neuronal parece ser un evento ubicuo en las patologías del sistema nervioso, así, como mencionamos en la introducción, en la EP y en sus modelos se observa un aumento exagerado de la sincronía neural de baja frecuencia, que esta generalmente correlacionado con la severidad de los síntomas. Es decir, la sincronía se observa cuando los síntomas motores están presentes, y disminuye o desaparece cuando existe mejoría proporcionada por algún tratamiento. Luego, la propuesta de la EME para la EP surge basada en la idea de realizar neuromodulación desde fuera el cerebro con el fin de reducir la sincronía patológica existente y así reducir o aliviar la pérdida de función motora.

EME EN MODELOS ANIMALES DE EP

Hasta la fecha la EME ha sido estudiada en 7 modelos animales diferentes, incluyendo el ampliamente utilizado modelo de ratas de 6-hidroxidopamina (6-OHDA) (Fuentes, *et al.*, 2009; Shinko, *et al.*, 2014; Yadav, *et al.*, 2014), el más reciente modelo de ratas de α-sinucleína(Brys, *et al.*, 2016) que imita el proceso neurodegenerativo progresivo de la EP, y primates no humanos (Santana, *et al.*, 2014). El primer informe sobre los efectos de la EME incluye dos modelos: ratones con concentraciones de dopamina del orden de 30% y ratas con 6-OHDA(R Fuentes, *et al.*, 2009). En ambos modelos, la EME a altas frecuencias produce mejoras transitorias instantáneas de la función motora, en paralelo con una baja en la sincronía en la banda beta de poblaciones de neuronas de la corteza motora y el núcleo estriado (R Fuentes, *et al.*, 2009). En primates no humanos modelados con un estado similar a la EP, se verificó que la EME mejora la función motora, independiente de la frecuencia de los pulsos de estimulación(Santana, *et al.*, 2014). También se corroboró que la EME interrumpe la sincronía aumentada en la banda beta, específicamente en una banda estrecha entre los 11-14 Hz, también descrita en los pacientes con EP.

Este estudio realizó mediciones de sincronía en 7 regiones cerebrales involucradas en el control del movimiento. Notablemente, se observó que si bien la sincronía local en cada una de estas regiones disminuye con la EME, este efecto es modesto, y no se condice con la magnitud de la mejora motora observada. Sin embargo, si se mide el grado de sincronía en la banda beta *entre pares de áreas cerebrales*, una medida conocida como coherencia, se observa que en el estado parkinsoniano la coherencia en beta en todo el circuito es muy alta, y que esta es reducida notablemente por la EME (Santana, *et al.,* 2014). Este mismo estudio propone que la severidad de los síntomas motoras no está correlacionada directamente con el grado de sincronía neuronal local de cada área, sí no que con el grado de coherencia entre todas áreas, o sea, con la sincronía global de las áreas del cerebro involucradas en el control motor. Estudios posteriores en ratas con 6-OHDA y α-sinucleína midieron los efectos terapéuticos de la EME aplicada regularmente durante varias semanas. En este caso la mejoría de la función motora se observó no sólo durante el periodo de estimulación propiamente tal, sí no también que también en los periodos sin estimulación (Brys, *et al.,* 2016; Yadav, *et al.* 2014). Esto sugiere que la EME no sólo es capaz de cambiar el grado de sincronía de la actividad neural en el momento, si no que estaría produciendo cambios plásticos en los circuitos neuronales involucrados. Estudios posteriores en el modelo de 6-OHDA sugieren que este efecto plástico estaría mediado por la expresión de factores de crecimiento neurales o vasculares (Shinko, *et al.*, 2014).

EME EN PACIENTES CON EP

Hasta la fecha existen un total de 60 casos clínicos de pacientes con EP que han sido tratados con EME eléctrica o magnética. De éstos, sólo 2 pacientes no reportaron ningún efecto terapéutico (Thevathasan, et al. 2010), mientras que los otros 58 presentaron mejoras significativas de los síntomas motores, especialmente de los síntomas relacionados con la marcha y la postura (Agari y Date, 2009; Arii, *et al.,* 2014; Landi, *et al.,* 2013). De estos 58, 21 pacientes presentaban de forma concomitante síndromes de dolor crónico, no relacionados a la EP o secundarios a ésta. En ambos casos la estimulación redujo el dolor de estos pacientes (Fenelon, *et al.*, 2012; Hassan, *et al.,* 2013; Landi, *et al.,* 2013; Nishioka y Nakajima, 2015; Shinko, *et al.,* 2014).

Los 37 pacientes con EP sin dolor crónico asociado, los cuales fueron tratados con estimulación magnética trans-espinal, mejoraron de forma inmediata posturas de flexión patológicas (Arii, *et al.,* 2014). Es notable el caso de uno de los pacientes, que continuó mejorando progresivamente sus puntuaciones motoras incluso 2 años después de haber comenzado el tratamiento con EME (Hassan, *et al.,* 2013).

MECANISMO DE ACCIÓN DE LA EME

La estimulación epidural de las columnas dorsales alivia los síntomas motores posiblemente por dos mecanismos diferentes y no excluyentes: un mecanismo inmediato o de corto plazo, y un mecanismo crónico o de largo plazo.

Es posible que la EME promueva la función motora principalmente a través de la activación directa de las columnas dorsales, que normalmente llevan las señales somatosensorials y propioceptivas a estructuras supraespinales. Estas vías, al ser estimuladas, tendrían un efecto sobre la vía espinotalámica, es decir sobre el núcleo ventral posterolateral del tálamo, que a su vez proyecta a la cortezas somatosensorial primaria. Esta hipótesis concuerda con el hecho de que es esta corteza es la que se activa de forma más temprana que otras áreas con la EME (Santana, *et al.,* 2014). La estimulación actuaria interrumpiendo la sincronía beta, propia de estados hipodopaminérgicos, presente en el circuito motor, efecto que se propagaría desde la vía sensitiva a todo el circuito sensorimotor (que involucra a estructuras corticales y subcorticales) (Santana, *et al.,* 2014).

También es posible que la EME ejerza una acción directa sobre las estructuras del tronco cerebral que controlan la función motora. Esta teoría está apoyada por el hecho de que esta técnica de neuromodulación tiene un efecto considerable sobre las alteraciones de la marcha y disfunción postural presente en la EP (Agari y Date, 2009; Arii, *et al.,* 2014; Landi, *et al.,* 2013; Santana, *et al.,* 2014). La base fisiopatológica de estas deficiencias no es del todo conocida, pero probablemente estructuras de tronco cerebral tales como el sistema reticular activador ascendente y el núcleo tegmental pedunculopontino (PPN) estén involucrados. Ambas estructuras están implicadas en la activación de los programas del aparato locomotor (Garcia-Rill, 1986) y podrían verse afectadas por la estimulación medular de forma directa ya que existen conexiones desde el haz espinotalámico hacia estas estructuras y desde ellas al circuito motor.

El efecto a largo plazo que se ha observado en experimentos conductuales de modelos animales de EP y en el aumento de la tasa de supervivencia de neuronas dopaminérgicas es probable que esté ligado a la expresión de factores de crecimiento, particularmente al factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) (Shinko, *et al.*, 2014). El VEGF protegería a las neuronas dopaminérgicas mediante la potenciación de la microcirculación al mejorar angiogénesis de los núcleos de la base y estructuras corticales(Shinko, *et al.,* 2014). Sin embargo, estos son los únicos resultados disponibles hasta el momento, por lo tanto se necesitan más investigación dirigida a dilucidar los mecanismos terapéuticos de la EME en el largo plazo.

CONCLUSIONES

La EME ha demostrado ser una técnica con un amplio potencial terapéutico en la Enfermedad de Parkinson, esto ha sido sugerido tanto por estudios en modelos animales como por los informes de casos clínicos de pacientes con EP. Sin embargo, para validar esta técnica en el ámbito clínico se hace necesario el desarrollo de ensayos clínicos prospectivos multicéntricos donde se vea reflejado el impacto directo de esta nueva estrategia en un mayor número de pacientes y el efecto que este tratamiento pudiese tener en los distintos subtipos de la enfermedad de Parkinson. Es posible que la EME muestre un especial efecto en el subtipo de Parkinson “no temblor dominante” que incluye a pacientes con Parkinson acinético-rígido y pacientes con alteraciones posturales y de la marcha, dado que en ambos fenotipos predominan los síntomas axiales los cuales han mostrado ser particularmente sensibles a este tipo de terapia. En el caso de las ciencias básicas el principal aporte de los próximos años debería estar centrado en dilucidar los parámetros más efectivos de estimulación y en profundizar los mecanismos subyacentes tanto en el corto y largo plazo de este tipo de terapia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento proporcionado por la Iniciativa Científica Milenio a través del Núcleo Milenio de Enfermedades Neuropsiquiátricas NuMIND, Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y tecnológica (CONICYT) proyecto regular FONDECYT N° 1151478, Beca CONICYT de Doctorado otorgada a MFAG, Ximena García por asistencia administrativa, Christian López por asistencia técnica.

REFERENCIAS

Agari, T. y Date, I. 2009. Clinical Standard of Neurosurgical Disorder (7). Deep Brain Stimulation for Involuntary Movement.No Shinkei Geka 37(6): 597–607.

Ahlskog, J. y Muenter, M. 2001. Frequency of Levodopa-Related Dyskinesias and Motor Fluctuations as Estimated from the Cumulative Literature. Mov Disord 16(3): 448–58.

Albin, R. Young, A. y Penney, J. 1989. The Functional Anatomy of Basal Ganglia Disorders. Trends Neurosci 12(10): 366–75.

Arii, Y. et al. 2014. Immediate Effect of Spinal Magnetic Stimulation on Camptocormia in Parkinson's Disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 85(11): 1221–26.

Benabid, A. 2003. Deep Brain Stimulation for Parkinson's Disease. Curr Opin Neurobiol 13(6): 696–706.

Brys, I. et al. 2016. Spinal Cord Stimulation Improves Forelimb Use in an Alpha-Synuclein Animal Model of Parkinson's Disease. International Journal of Neuroscience 7454(February): 1–9.

Carlsson, A. 2002. Treatment of Parkinson's with L-DOPA. The Early Discovery Phase, and a Comment on Current Problems. Journal of Neural Transmission 109(5-6): 777–87.

Cui, G., et al. 2013. Concurrent Activation of Striatal Direct and Indirect Pathways during Action Initiation. Nature 494(7436): 238–42.

Fanselow, E. Reid, P. y Nicolelis, M. 2000. Reduction of Pentylenetetrazole-Induced Seizure Activity in Awake Rats by Seizure-Triggered Trigeminal Nerve Stimulation. The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience 20(21): 8160–68.

Fenelon, G., et al. 2012. Spinal Cord Stimulation for Chronic Pain Improved Motor Function in a Patient with Parkinson's Disease. Parkinsonism Relat Disord 18(2): 213–14.

Fuentes, R. et al. 2009. Spinal Cord Stimulation Restores Locomotion in Animal Models of Parkinson's Disease. Science 323(5921): 1578–82.

Mechanistic Approach. European Journal of Neuroscience 32(7): 1100–1108.

Garcia-Rill, E. 1986. The Basal Ganglia and the Locomotor Regions. Brain Research Reviews 11(1): 47–63.

Goetz, C., Poewe, W., Rascol, O. y Sampaio, C. 2005. Evidence-Based Medical Review Update: Pharmacological and Surgical Treatments of Parkinson's Disease: 2001 to 2004. Mov Disord 20(5): 523–39. gainst 6-Hydroxydopamine Lesions. Sci Rep 4: 3839.

Grabli, D. et al. 2012. Normal and Pathological Gait: What We Learn from Parkinson's Disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 83(10): 979–85.

Grillner, S., et al. 2005. Mechanisms for Selection of Basic Motor Programs--Roles for the Striatum and Pallidum. Trends in neurosciences 28(7): 364–70.

Hamani, C., Richter, E., Schwalb,J. y Lozano, A.. 2008. Bilateral Subthalamic Nucleus Stimulation for Parkinson's Disease: A Systematic Review of the Clinical Literature. Neurosurgery 62 (Suppl 2): 863–74.

Hassan, S., Amer,S., Alwaki,A., Elborno, A. 2013. A Patient with Parkinson's Disease Benefits from Spinal Cord Stimulation. J Clin Neurosci 20(8): 1155–56.

Ivani, B., Bernard L., Schneider, et al. 2015. Spinal Cord Stimulation Improves Forelimb Use in an Alpha-Synuclein Model of Parkinson Disease. International Journal of Neuroscience (8): 1-9.

Kalia, L. y Lang, A. 2015. Parkinson's Disease. Lancet 386(9996): 896–912.

Landi, A., et al. 2013. Spinal Cord Stimulation for the Treatment of Sensory Symptoms in Advanced Parkinson's Disease. Neuromodulation 16(3): 276–79.

Lang, A. y Lozano, A. 1998. Parkinson's Disease. Second of Two Parts. The New England journal of medicine 339(16): 1130–43.

Lees, A., Hardy, J. y Revesz, T. 2009. Parkinson's Disease. Lancet 373(9680): 2055–66.

Levy, R. et al. 2002. Dependence of Subthalamic Nucleus Oscillations on Movement and Dopamine in Parkinson's Disease. Brain : a journal of neurology 125(Pt 6): 1196–1209.

Lewitt, P. 2008. Levodopa for the Treatment of Parkinson's Disease. N Engl J Med 359(23): 2468–76.

Meireles, J. y Massano, J. 2012. Cognitive Impairment and Dementia in Parkinson's Disease: Clinical Features, Diagnosis, and Management. Front Neurol 3: 88.

Morgante, L. et al. 2007. How Many Parkinsonian Patients Are Suitable Candidates for Deep Brain Stimulation of Subthalamic Nucleus? Results of a Questionnaire. Parkinsonism & related disorders 13(8): 528–31.

Nishioka, K. y Nakajima, M. 2015. Beneficial Therapeutic Effects of Spinal Cord Stimulation in Advanced Cases of Parkinson's Disease With Intractable Chronic Pain: A Case Series. Neuromodulation 18(8): 751–53.

Okun, M. 2012. Deep-Brain Stimulation for Parkinson's Disease. N Engl J Med 367(16): 1529–38.

Olanow, C., et al. 2004. Levodopa in the Treatment of Parkinson's Disease: Current Controversies. Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society 19(9): 997–1005.

Santana, M. et al. 2014. Spinal Cord Stimulation Alleviates Motor Deficits in a Primate Model of Parkinson Disease. Neuron 84(4): 716–22.

Shinko, A. et al. 2014. Spinal Cord Stimulation Exerts Neuroprotective Effects against Experimental Parkinson's Disease. PLoS One 9(7): e101468.

Thevathasan, W. et al. 2010. Spinal Cord Stimulation Failed to Relieve Akinesia or Restore Locomotion in Parkinson Disease. Neurology 74(16): 1325–27.

Williams, A., et al. 2010. Deep Brain Stimulation plus Best Medical Therapy versus Best Medical Therapy Alone for Advanced Parkinson's Disease (PD SURG Trial): A Randomised, Open-Label Trial. Lancet Neurol 9(6): 581–91.

Yadav, A. et al. 2014. Chronic Spinal Cord Electrical Stimulation Protects against 6-Hydroxydopamine Lesions. Sci Rep 4: 3839.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 29, 2016. Páginas 46-52
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

ESQUIZOFRENIA: HIPOACTIVACIÓN DE LAS INTERNEURONAS

Camila Morales Moraga, Miguel Pérez Lizama** y Marco Fuenzalida Núñez****

Resumen
La esquizofrenia es un desorden mental severo, crónico y de etiología diversa, que afecta al 1 % de la población mundial. Su sintomatología se puede clasificar en tres grupos: los síntomas positivos (estado psicótico); los síntomas negativos (alteraciones del ánimo); y los síntomas cognitivos (alteraciones de la memoria y funciones cognitivas). Aunque hay varias teorías que han intentado explicar la etiología de la esquizofrenia, estudios recientes involucran la disfunción de interneuronas en esquizofrenia. Estudios en humanos y en modelos animales sugieren que la hipofunción de los receptores de NMDA en estas interneuronas sería fundamental en la pérdida del balance excitación/inhibición, provocando la desinhibición de las células piramidales, aumentando la excitabilidad de la corteza y de las estructuras subcorticales a las cuales proyecta. En nuestro laboratorio hemos observado que la hipofunción del receptor de NMDA durante la adolescencia, induce alteraciones de la memoria de trabajo y una disminución de la eficacia sináptica GABAérgica en corteza prefrontal de ratas adultas. Actualmente un gran desafío de la neurobiología es entender los mecanismos celulares básicos involucrados en el origen y progresión de la esquizofrenia, lo cual posibilitará el desarrollo de nuevas terapias para un tratamiento efectivo para las alteraciones cognitivas desarrolladas por éstos pacientes.

Palabras clave: esquizofrenia, receptor de NMDA, transmisión GABAérgica, corteza prefrontal, memoria de trabajo.

Abstract: Schizophrenia is a chronic mental disorder that affects about 1% of world population. The symptomatology of schizophrenia might be classified into three groups: 1) positive symptoms (psychosis and delusions) 2) negative symptoms (disruptions to normal emotions and behaviors) and 3) cognitive symptoms (memory and cognitive impairment). Although several theories have been proposed to explain the etiology of schizophrenia, recent studies suggest that Interneurons might play a crucial role in the pathophysiology of this disease. Studies in humans and in animal models suggest that hypofunction of the NMDA receptors in these Interneurons would be fundamental in the loss of excitatory/inhibitory balance, inducing disinhibition of pyramidal neurons and increase of cortical and subcortical excitability. In our laboratory we have observed that the NMDA receptors hypofunction during the adolescence induces working memory impairment and decrease of GABAergic synaptic efficacy in prefrontal cortex of adult rats. Currently a major challenge of Neurobiology is to understand the cellular mechanisms involved in the origin and progression of schizophrenia to develop new therapies for an effective treatment for these patients.

Keywords: schizophrenia, NMDA receptor, inhibitory transmission, prefrontal cortex, working memory.

* Magíster en Ciencias, Mención Neurociencia

** Doctor en Biología, Investigador Postdoctorado UV.

*** Doctor en Neurociencia, Profesor Titular UV.

Laboratorio de Plasticidad Neuronal, Centro de Neurobiología y Plasticidad Cerebral, Instituto de Fisiología, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

ESQUIZOFRENIA

La esquizofrenia (EZ) es un desorden mental severo, crónico y de etiología diversa, que afecta al 1 % de la población mundial. Su sintomatología por lo general tiene su origen durante la adolescencia, periodo comprendido entre los 12-18 años, en el cual nuestro cerebro aún se encuentra en desarrollo y se producen 2 grandes cambios: 1. La disminución de las sinapsis excitadoras, evento conocido como poda sináptica, 2. La formación de las sinapsis inhibidoras (Insel, 2010). Los síntomas de la EZ se pueden clasificar en tres grupos: los síntomas positivos que incluyen alucinaciones, psicosis y delirios; los síntomas negativos, que hacen alusión a la abulia (falta de motivación), anhedonia (pérdida del placer) y aislamiento social; y los síntomas cognitivos, que abarcan problemas de atención, memoria, aprendizaje y funciones ejecutivas, tal como déficit en la memoria de trabajo (Mueser y McGurk, 2004). Si bien los síntomas positivos pueden ser controlados eficazmente con fármacos antagonistas de los receptores tipo D2 para dopamina (DA) (antipsicóticos) (Madras, 2013), aún no existen tratamientos efectivos para las alteraciones cognitivas (Keefe, 2007; Goff, *et al.*, 2011), (para mejor comprensión, revisar glosario al final del texto).

MECANISMOS NEUROFISIOLÓGICOS DE LA ESQUIZOFRENIA

Numerosa evidencia clínica y experimental ha demostrado que pacientes afectados con EZ presentan modificaciones en el metabolismo cerebral de diversos neurotransmisores, tales como DA, acetilcolina, glutamato y ácido γ-aminobutírico (GABA). Estas alteraciones neuroquímicas podrían explicar en parte, la variedad de síntomas que se observan en esta patología (Javitt, *et al*., 2008). En los años 60' se encontró que en algunas regiones del cerebro de pacientes con Parkinson los niveles de DA estaban disminuidos (Ehringer y Hornykiewicz, 1960). Posteriormente se observó que drogas utilizadas para mejorar los síntomas del Parkinsonismo, y que incrementan los niveles de DA en el cerebro, podían desencadenar brotes psicóticos en estos pacientes (Hale y Bellizzi, 1980). Lo anterior permitió asociar estas alteraciones del sistema dopaminérgico y agruparlas dentro de la hipótesis dopaminérgica de la EZ, que implica un aumento en el nivel de DA de áreas subcorticales del cerebro (asociado con síntomas positivos de la EZ) y una disminución de DA cortical (asociado con síntomas negativos de la EZ).

Por otra parte, la transmisión glutamatérgica, que es la encargada de activar las neuronas y permitir la comunicación entre ellas, a través del neurotransmisor glutamato, también parece estar disminuida en personas con EZ (Olney y Farber, 1995; Olney, *et al.,* 1999). Esta hipótesis fue sugerida a partir de la observación clínica de brotes psicóticos como respuesta a la administración de drogas antagonistas de un tipo de receptor para glutamato específicamente los receptores de N-metil-D-aspartato, (NMDAR), como la fenilciclidina (PCP) y la ketamina (KET) (Johnson, 1971; Javitt y Zukin, 1991). Estos fármacos, al ser administrados en voluntarios sanos, pueden reproducir la sintomatología de la EZ, incluyendo síntomas positivos, negativos y alteraciones cognitivas (Luby, *et al.,* 1959; Johnson, 1971; Javitt y Zukin, 1991; Krystal, *et al.,* 1994; Newcomer, *et al.,* 1999). *Estudios post mortem* en pacientes esquizofrénicos, han mostrado cambios en la expresión de ARN mensajero (ARNm) de algunas subunidades que componen los NMDAR en la corteza prefrontal (CPF) (Woo, *et al.,* 2004) y en el hipocampo (HPC) (Gao, *et al.,* 2000). Lo anterior sugiere que tanto en la CPF como en el HPC de éstos sujetos existe una alteración en la transmisión glutamatérgica que podría contribuir al etiopatología de esta enfermedad psiquiátrica.

TRANSMISIÓN GABAÉRGICA, COGNICIÓN Y ESQUIZOFRENIA

La transmisión sináptica GABAérgica representa la principal fuente de regulación inhibitoria en los diferentes circuitos del cerebro y por lo tanto es fundamental para el balance entre excitación e inhibición que permite un correcto procesamiento cognitivo y de las funciones ejecutivas (Castillo, *et al*., 2011). La transmisión GABAérgica depende de la liberación de altas concentraciones de neurotransmisor desde las interneuronas, lo que se traduce en una activación sincrónica de los receptores post sinápticos permitiendo la entrada de cloruro y disminuyendo la excitabilidad neuronal (Farrant y Nusser, 2005; Jacob, *et al.,* 2008). Esta activación es crucial para el establecimiento del ciclo excitación/inhibición de las células piramidales en estructuras cerebrales como la CPF e HPC (Cobb, *et al.,* 1995; Somogyi y Klausberger, 2005). Aunque las INs difieren en sus características morfológicas, moleculares y electrofisiológicas (Petilla Interneuron Nomenclature Group, *et al.,* 2008) todas ellas, al liberar GABA modulan la excitabilidad neuronal y la sincronía de los potenciales de acción de las neuronas que

conectan, generando los diferentes ritmos u oscilaciones cerebrales (Klausberger, *et al.,* 2003; Klausberger y Somogyi, 2008). De especial interés en esta revisión son las INs que expresan la proteína Parvalbúmina (PV), un subtipo de interneurona que hace sinapsis en la región somática y en el segmento inicial del axón de las neuronas piramidales —(Gonzalez-Burgos, *et al.,* 2010; Inan, *et al.,* 2013), cuya característica electrofisiológica fundamental es exhibir un patrón rápido de disparo de potenciales de acción. Dado que la frecuencia de disparo de las interneuronas PV oscila entre 100 – 400 Hz (Povysheva, *et al.,* 2013), la liberación de GABA desde estas interneuronas sincroniza los potenciales de acción de las múltiples neuronas que conectan simultáneamente; lo cual indica que las interneuronas PV son fundamentales para el establecimiento del ritmo oscilatorio de la banda gamma (frecuencias sobre 30 Hz) que se origina en ciertas estructuras cerebrales como la CPF y el HP C (Bartos, *et al.,* 2002; Cardin *et al.*, 2009). El ritmo gamma permite la sincronización eléctrica de las neuronas que componen estas estructuras, mediante los ciclos de excitación e inhibición, condición esencial para el procesamiento neural de funciones ejecutivas y cognitivas complejas, como por ejemplo la memoria de trabajo —(Howard, *et al.,* 2003; Yamamoto, et al., 2014). La memoria de trabajo consiste en la activación temporal de las redes neurales de la memoria a largo plazo, permitiendo la organización de nuestras acciones en el corto plazo (Fuster, 2008). Este tipo de memoria es deficiente en los pacientes con EZ (Perlstein, *et al.*, 2001), y se correlaciona con una menor capacidad para establecer ondas gamma durante tareas cognitivas complejas (Cho, *et al.,* 2006).

La pérdida de función y/o neuromodulación de interneuronas corticales se ha relacionado con algunas enfermedades psiquiátricas (Marín, 2012). En cerebros *post mortem* de pacientes afectados con EZ, se ha observado una disminución de la inmunoreactividad para el subtipo de interneuronas PV (Beasley y Reynolds, 1997), disminución de los niveles de mARN de la enzima GAD67, y baja producción del mARN de la proteína PV (Hashimoto, *et al.*, 2003). La hipofunción de receptores de NMDA en las interneuronas PV, disminuyen la excitabilidad de las mismas. La reducida excitabilidad de las interneuronas PV gatilla a su vez la desinhibición de las células piramidales de la CPF, generando como consecuencia excitotoxicidad en estructuras subcorticales a las cuales proyecta, disrupción del ritmo oscilatorio y deficiencias de la memoria de trabajo, anomalías observadas comúnmente en pacientes con EZ (Perlstein, *et al.,* 2001; Gonzalez-Burgos y Lewis, 2008; Uhlhaas y Singer, 2010; Coyle, *et al.,* 2012; Lewis, *et al.,* 2012; Rotaru, *et al.,* 2012).

MODELOS ANIMALES PARA EL ESTUDIO DE LA ESQUIZOFRENIA: ANTAGONISTAS DE RECEPTORES NMDA

Los modelos animales han sido utilizados para avanzar en el conocimiento de aspectos fisiológicos y terapéuticos de diferentes patologías. Para el estudio de la EZ se han desarrollado diferentes modelos animales que permiten ir respondiendo algunas de las preguntas acerca de la biología de este desorden. Dada su complejidad, los modelos se han enfocado en desarrollar signos y/o síntomas asociados, sin tratar de imitar el síndrome completo, situación que permite una mayor reproducibilidad del modelo a través de las diferentes especies (Young, *et al.,* 2010). En relación a los actuales modelos animales de EZ, estos se clasifican en dos tipos: los del neurodesarrollo y los farmacológicos. Los primeros apuntan a modificar los procesos de migración, diferenciación y maduración de las neuronas inhibitorias, mientras que los modelos farmacológicos han podido ser desarrollados debido a la capacidad que tienen algunas drogas para inducir estados tipo EZ en sujetos sanos (Young, *et al.,* 2010). Los modelos farmacológicos han incluido fármacos agonistas dopaminérgicos, importantes para el estudio de la psicosis, y antagonistas del NMDAR, cuyos efectos son más amplios y permiten reproducir parte de los síntomas positivos y negativos, incluyendo las alteraciones cognitivas (Micale, *et al.,* 2013). De los antagonistas del NMDAR, la Ketamina fue ampliamente utilizada como anestésico en humanos a fines de los años 1960 (Teuteberg y Nolte, 1969; Wilson, *et al.,* 1969; Brown, *et al.,* 1970), sin embargo su uso fue restringido dado los efectos secundarios que presentaban los pacientes luego de ser sometidos a la droga, efectos que incluían alucinaciones y estados sicóticos (Oduntan y Gool, 1970; Johnson, 1971). Posteriormente fueron evaluadas dosis sub anestésicas de Ketamina en sujetos sanos, y se observó que la intensidad del efecto final era dependiente de la dosis aplicada, presentándose los tres tipos de síntomas: positivos, negativos y cognitivos (Krystal, *et al.,* 1994); antecedentes que resultaron claves para la posterior utilización de Ketamina como modelo farmacológico. Las evidencias han demostrado que la aplicación de Ketamina en ratones y ratas, provoca cambios de

la expresión génica de PV y GAD67 en CPF e HPC, así como alteraciones neuroquímicas, en las oscilaciones cerebrales y del comportamiento ——(Becker, *et al.,* 2003; Keilhoff, *et al.,* 2004; Zhang, *et al.,* 2008; Smith, *et al.,* 2011; Chatterjee, *et al.,* 2012; Phillips, *et al.,* 2012; McNally, *et al.,* 2013; Aligny, *et al.,* 2014). Utilizando un modelo de tratamiento crónico con Ketamina en ratas durante la adolescencia (período del desarrollo donde se producen grandes cambios en la transmisión inhibitoria), nosotros hemos observado que éste modelo reproduce algunos de los síntomas tipo-EZ observados en diversos modelos animales de EZ (Jones, *et al.,* 2008) tales como híper locomoción y alteración de la interacción social. Ketamina, además afecta de manera diferencial a la memoria de trabajo dependiente de HPC o CPF, siendo ésta última la más afectada. Finalmente observamos que la disfunción cognitiva dependiente de CPF parece estar correlacionada con alteraciones sinápticas de la transmisión inhibitoria en la misma estructura.

Nuestros resultados concuerdan con evidencias clínicas que indican que la adolescencia es un período lábil frente a estímulos maliciosos para el cerebro. También observamos que el estado del desarrollo en el cual el organismo recibe la injuria es clave en la determinación de las estructuras nerviosas afectadas; en nuestro caso la aplicación de Ketamina en ratas adolescentes generó un fenotipo tipo-EZ en ratas adultas, fenotipo que está asociado a alteraciones cognitivas y sinápticas en la CPF con un menor efecto en el HPC. A nivel sináptico, si bien nuestro modelo da cuenta de alteraciones pre- y post sinápticas de la transmisión inhibitoria, tales como disminución de la excitabilidad y disminución la liberación de GABA, así como un aumento compensatorio de la función GABAérgica post sináptica; los mecanismos celulares y moleculares que subyacen a estos procesos siguen siendo del todo desconocidos. Actualmente un gran desafío de la neurobiología es entender los mecanismos celulares básicos involucrados en el origen y progresión de la EZ, posibilitará el desarrollo de nuevas terapias para un tratamiento efectivo para las alteraciones cognitivas desarrolladas por los pacientes con EZ.

GLOSARIO

Ácido glutámico descarboxilasa (GAD): Proteína encargada de transformar el neurotransmisor exitador glutamato en el neurotransmisor inhibidor GABA.

ARN mensajero (ARNm): Ácido desoxirribonucleico, Molécula complementaria a la secuencia de ADN, que codifica para un gen. Es producto de la transcripción genética y es necesario para la síntesis de proteínas.

Corteza prefrontal (CPF): Parte del lóbulo frontal del cerebro involucrada en la planificación de comportamiento de tipo complejo, la personalidad y en la toma de desiciones.

Dopamina: Neurotransmisor monoaminérgico relacionado con el movimiento y motivación.

GABA: Ácido γ aminobutírico inhibidor Neurotransmisor inhibidor.

Glutamato: Neurotransmisor excitador.

Hipocampo: Estructura subcortical, parte del sistema límbico localizado en el interior de la parte medial del lóbulo temporal cuya función está relacionada con la formación de nuevos recuerdos, con la memoria espacial y con la orientación.

Interneuronas: Neuronas del sistema nervioso central que generalmente son inhibitorias dado que liberan GABA o Glicina. Regulan el circuito local.

Memoria de trabajo: Es un tipo de memoria a corto plazo, que depende de la corteza prefrontal, integra las percepciones y recuerdos en un corto periodo para combinarlos y generar una respuesta o realizar tareas tan cotidianas como sumar o leer una frase.

Neurotransmisores: Sustancias químicas que se encargan de la transmisión de señales desde una neurona a la siguiente a través de la sinápsis.

Receptor de NMDA: Receptor iónico para glutamato. Proteína transmenbrana que forma un canal iónico y permiten el paso de Sodio y Calcio al ser activadas por glutamato. Está formado por 4 subunidades, 2 NR1 y 2 NR2. La actividad de este receptor puede ser afectado por drogas, tales como la fenilciclidina, alcohol y ketamina.

Receptor de GABAA: Receptor iónico para GABAA. son proteínas transmembrana que forman un canal iónico y permiten el paso del cloruroal ser activadas por GABA. está formado por 5 subunidades: α, β y β ó σ (dependiendo del caso). La actividad de este receptor puede ser afectado por drogas, tales como alcohol y benzodiazepinas.

Receptor AMPA: Receptor iónico de glutamato. Son proteínas transmembrana que forma un canal iónico y permiten el paso de Sodio, Potasio y eventualmente Calcio al ser activadas por el glutamato. Está formado por 4 subunidades: GluR1, GluR2, GluR3 y GluR4 (en distintas combinaciones).

AGRADECIMIENTOS

Iniciativa científica Milenio NU-MIND NC 130011; Fondecyt N° 1130614, Proyecto Anillo ACT 1414 y DIPUV (CNPC) CID 1/2006, MFN. Beca Conicyt Magister Nacional N° 20877 CM. Fondecyt de Postdoctorado N° 3160442 MPL.

REFERENCIAS

Aligny, C., Roux, C., Dourmap, N., et al. 2014. Ketamine alters cortical integration of GABAergic interneurons and induces long-term sex-dependent impairments in transgenic Gad67-GFP mice. Cell Death Dis (5):e1311.

Bartos, M., Vida, I., Frotscher, M., et al. 2002. Fast synaptic inhibition promotes synchronized gamma oscillations in hippocampal interneuron networks. Proceedings of the National Academy of Sciences (99):13222–13227.

Beasley, C. y Reynolds, G. 1997. Parvalbumin-immunoreactive neurons are reduced in the prefrontal cortex of schizophrenics. Schizophr.Res. (24):349–355.

Becker, A., Peters, B., Schroeder, H. 2003. Ketamine-induced changes in rat behaviour: A possible animal model of schizophrenia. Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry (27):687–700.

Brown, T., Cole, W. y Murray, G. 1970. Ketamine: A new anaesthetic agent. ANZ Journal of Surgery (39):305–310.

Cardin, J., Carlén, M., Meletis, K., et al. 2009. Driving fast-spiking cells induces gamma rhythm and controls sensory responses. Nature (459):663–667.

Castillo, P., Chiayu, Q. y Carroll, R. 2011. Long-term synaptic plasticity at inhibitory synapses. Curr. Opin Neurobiol. 21(2):328-338.

Chatterjee, M., Verma, R., Ganguly, S. y Palit, G. 2012. Neurochemical and molecular characterization of ketamine-induced experimental psychosis model in mice. Neuropharmacology (63):1161–1171.

Cho, R., Konecky, R. y Carter, C. 2006. Impairments in frontal cortical gamma synchrony and cognitive control in schizophrenia. Proceedings of the National Academy of Sciences (103):19878–19883.

Cobb, S., Buhl, E., Halasy, K. et al. 1995. Synchronization of neuronal activity in hippocampus by individual GABAergic interneurons. Nature (378):75–78.

Coyle, J., Basu, A., Benneyworth, M., et al. 2012. Glutamatergic synaptic dysregulation in schizophrenia: therapeutic implications. Handb Exp Pharmacol (213):267–295.

Ehringer, H. y Hornykiewicz, O. 1960. Distribution of noradrenaline and dopamine (3-hydroxytyramine) in the human brain and their behavior in diseases of the extrapyramidal system. Klin Wochenschr (38):1236–1239.

Farrant, M. y Nusser, Z. 2005. Variations on an inhibitory theme: phasic and tonic activation of GABA(A) receptors. Nat. Rev. Neurosci. (6):215–229.

Fuster, J. 2008. Anatomy of the Prefrontal Cortex. En: The Prefrontal Cortex) (Fuster, J.), San Diego: Academic Press, 7–58 pp. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123736444000025 [Consultado el 27 de Octubre, 2015].

Gao, X., Sakai, K., Roberts, R. et al. 2000. Lonotropic glutamate receptors and expression of N-methyl-D-aspartate receptor subunits in subregions of human hippocampus: effects of schizophrenia. Am. J. Psychiatry (157):1141–1149.

Goff, D., Hill, M. y Barch, D. 2011. The treatment of cognitive impairment in schizophrenia. Pharmacol. Biochem. Behav. (99):245–253.

Gonzalez-Burgos, G., Hashimoto, T. y Lewis, D. 2010. Alterations of Cortical GABA Neurons and Network Oscillations in Schizophrenia. Curr. Psychiatry Rep. (12):335–344.

Gonzalez-Burgos, G. y Lewis, D. 2008. GABA neurons and the mechanisms of network oscillations: implications for understanding cortical dysfunction in schizophrenia. Schizophr. Bull. (34):944–961.

Hale, M. y Bellizzi, J. 1980. Low dose perphenazine and levodopa/carbidopa therapy in a patient with Parkinsonism and a psychotic illness. J. Nerv. Ment. Dis. (168):312–314.

Hashimoto, T., Volk, D., Eggan, S., et al. 2003. Gene expression deficits in a subclass of GABA neurons in the prefrontal cortex of subjects with schizophrenia. J Neurosci Off J Soc Neurosci (23):6315–6326.

Howard, M., Rizzuto, D., Caplan, J. et al. 2003. Gamma Oscillations Correlate with Working Memory Load in Humans. Cereb Cortex (13):1369–1374.

Inan M, Blázquez-Llorca L, Merchán-Pérez A, Anderson SA, DeFelipe J, Yuste R (2013) Dense and Overlapping Innervation of Pyramidal Neurons by Chandelier Cells. J Neurosci 33:1907–1914.

Insel, T. 2010. Rethinking schizophrenia. Nature (468):187–193.

Jacob, T., Moss, S. y Jurd, R. 2008. GABA(A) receptor trafficking and its role in the dynamic modulation of neuronal inhibition. Nat. Rev. Neurosci. (9):331–343.

Javitt, D. y Zukin, S. 1991. Recent advances in the phencyclidine model of schizophrenia. Am. J. Psychiatry. (148):1301–1308.

Johnson, B. 1971. Psychosis and ketamine. Br. Med. J. (4):428–429.

Jones, D., Gartlon, J., Minassian, A. et al. 2008. Developing New Drugs for Schizophrenia: From Animals to the Clinic. En: Animal and Translational Models for CNS Drug Discovery (Borsini, R.). San Diego: Academic Press, 199–261 pp. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123738615000084. [Consultado el 2 de Noviembre, 2015].

Keefe, R. 2007. Cognitive deficits in patients with schizophrenia: effects and treatment. J. Clin. Psychiatry. 68 (Suppl 14):8–13.

Keilhoff, G., Becker, A., Grecksch, G. et al. 2004. Repeated application of ketamine to rats induces changes in the hippocampal expression of parvalbumin, neuronal nitric oxide synthase and cFOS similar to those found in human schizophrenia. Neuroscience (126):591–598.

Klausberger, T., Magill, P., Márton, L. et al. 2003. Brain-state- and cell-type-specific firing of hippocampal interneurons in vivo. Nature (421):844–848.

Klausberger, T. y Somogyi, P. 2008. Neuronal diversity and temporal dynamics: the unity of hippocampal circuit operations. Science (321):53–57.

Krystal, J., Karper, L., Seibyl, J. et al. 1994. Subanesthetic effects of the noncompetitive NMDA antagonist, ketamine, in humans. Psychotomimetic, perceptual, cognitive, and neuroendocrine responses. Arch. Gen. Psychiatry (51):199–214.

Lewis, D., Curley, A., Glausier, J. 2012. Cortical parvalbumin interneurons and cognitive dysfunction in schizophrenia. Trends Neurosci. (35):57–67.

Luby, E., Cohen, B., Rosenbaum, G. et al. 1959. Study of a new schizophrenomimetic drug—Sernyl. AMA Arch. Neurol. Psychiatry (81):363–369.

Madras, B. 2013. History of the Discovery of the Antipsychotic Dopamine D2 Receptor: A Basis for the Dopamine Hypothesis of Schizophrenia. J Hist Neurosci (22):62–78.

Marín, O. 2012. Interneuron dysfunction in psychiatric disorders. Nat Rev Neurosci (13):107–120.

McNally, J., McCarley, R. y Brown, R. 2013. Chronic Ketamine Reduces the Peak Frequency of Gamma Oscillations in Mouse Prefrontal Cortex Ex vivo. Front Psychiatry (4):106.

Micale, V., Kucerova, J. y Sulcova, A. 2013. Leading compounds for the validation of animal models of psychopathology. Cell Tissue Res (354):309–330.

Mueser, K. y McGurk, S. 2004. Schizophrenia. Lancet (363):2063–2072.

Newcomer, J., Farber, N., Jevtovic-Todorovic, V. et al. 1999. Ketamine-induced NMDA receptor hypofunction as a model of memory impairment and psychosis. Neuropsychopharmacol Off Publ Am Coll Neuropsychopharmacol (20):106–118.

Oduntan, S. y Gool, R. 1970. Clinical trial of ketamine (CI-581): a preliminary report. Can Anaesth Soc J (17):411–416.

Olney, J. y Farber, N. 1995. Glutamate receptor dysfunction and schizophrenia. Arch Gen Psychiatry (52):998–1007.

Olney, J., Newcomer, J. y Farber, N.1999. NMDA receptor hypofunction model of schizophrenia. J Psychiatr Res (33):523–533.

Perlstein, W., Carter, C., Noll, D. et al. 2001.Relation of prefrontal cortex dysfunction to working memory and symptoms in schizophrenia. Am J Psychiatry (158):1105–1113.

Petilla Interneuron Nomenclature Group, et al. 2008. Petilla terminology: nomenclature of features of GABAergic interneurons of the cerebral cortex. Nat Rev. Neurosci. (9):557–568.

Phillips, K., Cotel, M., McCarthy, A. et al. 2012. Differential effects of NMDA antagonists on high frequency and gamma EEG oscillations in a neurodevelopmental model of schizophrenia. Neuropharmacology (62):1359–1370.

Povysheva, N., Zaitsev, A., Gonzalez-Burgos, G., et al. 2013. Electrophysiological Heterogeneity of Fast-Spiking Interneurons: Chandelier versus Basket Cells. Plos One (8):e70553.

Rotaru, D., Lewis, D. y Gonzalez-Burgos, G. 2012. The role of glutamatergic inputs onto parvalbumin-positive interneurons: relevance for schizophrenia. Rev Neurosci (23):97–109.

Smith, J., Gastambide, F., Gilmour, G. et al., 2011. A comparison of the effects of ketamine and phencyclidine with other antagonists of the NMDA receptor in rodent assays of attention and working memory. Psychopharmacology (217):255–269.

Somogyi, P. y Klausberger, T. 2005. Defined types of cortical interneurone structure space and spike timing in the hippocampus. J. Physiol. (562):9–26.

Teuteberg, H. y Nolte, H. 1969. Ketamine, a new intravenous anesthetic with increased analgesic properties. Rev. Bras. Anestesiol. (19):459–469.

Uhlhaas, P. y Singer, W. 2010. Abnormal neural oscillations and synchrony in schizophrenia. Nat. Rev. Neurosci. (11):100–113.

Wilson, G., Fotias, N. y Dillon, J. 1969. Ketamine: a new anesthetic for use in pediatric neuroroentgenologic procedures. Am. J. Roentgenol Radium Ther Nucl. Med. (106):434–439.

Woo, T-UW., Walsh, J. y Benes, F. 2004. Density of glutamic acid decarboxylase 67 messenger RNA-containing neurons that express the N-methyl-D-aspartate receptor subunit NR2A in the anterior cingulate cortex in schizophrenia and bipolar disorder. Arch. Gen. Psychiatry (61):649–657.

Yamamoto, J., Suh, J., Takeuchi, D. y Tonegawa, S. 2014. Successful execution of working memory linked to synchronized high-frequency gamma oscillations. Cell (157):845–857.

Young, J., Zhou, X. y Geyer, M. 2010. Animal Models of Schizophrenia. In: Behavioral Neurobiology of Schizophrenia and Its Treatment (Swerdlow, N.), Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 391–433 pp. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/7854_2010_62 [Consultado el 2 de Diciembre, 2015].

Zhang, Y., Behrens, M. y Lisman, J. 2008. Prolonged Exposure to NMDAR Antagonist Suppresses Inhibitory Synaptic Transmission in Prefrontal Cortex. J Neurophysiol (100):959–965.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 29, 2016. Páginas 53-56
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

RESEÑA BIBLIOGRÁFICA SOBRE LA ARAÑA DE RINCÓN (*LOXOSCELES LAETA*, FAM. SICARIIDAE): QUE SABEMOS Y QUE NECESITAMOS SABER

*Jesús Olivares Dubart**

Resumen: En esta breve revisión, se abordan aspectos de la biología de la araña del rincón (*Loxosceles laeta*), con el fin de tener una visión general sobre lo que sabemos de esta especie y poder enfocar así los esfuerzos en estudiar lo que se desconoce.

Palabras claves: Araña del rincón, Loxosceles laeta, directrices de acción.

Abstract: In this brief review, we addressed aspects on the biology of Chilean recluse spider (*Loxosceles laeta*) in order to have an overview of how much is known about this species and thus focus efforts on studying what is unknown.

Keywords: Chilean recluse spider, Loxosceles laeta, guidelines for action.

INTRODUCCIÓN

Las arañas del rincón pertenecen a la Familia Sicariidae (suborden Labidognatha, Orden Araenae, clase Arachnida, Phylum Arthropoda), en la cual se incluyen dos géneros, *Loxosceles* y *Sicarius*, ambos presentes en nuestro país y con una amplia distribución en América, pero también presentes en otros continentes(Binford *et al.,* 2008), destacándose en este sentido un origen Gondwanico de la familia, al contar ambos géneros con representantes en Sudamérica y África (Binford, et al., 2008; Gremski, *et al.,* 2014). El género *Loxosceles*, por su parte, cuenta con 114 especies descritas alrededor del mundo (World Spider Catalog, 2016) y en Chile por lo menos se han descrito y confirmado la presencia de tres especies: *L. laeta*, *L. surca* y *L. Coquimbo*, además de sugerirse la posible presencia de *L. rufescens* y *L. rufipes,* lo que a la fecha no se ha confirmado (Tacaure-Ríos, 2011).

ANATOMÍA

L. laeta presenta coloración variable que va desde negro hasta el marrón, con un tamaño máximo en los machos de hasta 6 cm si se consideran las patas, con una contextura menos robusta que las hembras, presentan 6 ojos distribuidos en pares que no se conectan entre si formando una U (uno anterior y dos pares laterales, siendo esta una de las características principales en el reconocimiento de la especie), por detrás de los cuales se observa una figura que recuerda un violín invertido con la base hacia los ojos (Chaim, *et al.,* 2011).

*PHD(c) Doctorado en Ciencias mención Neurociencia, Universidad de Valparaíso. Laboratorio de Fisiología Sensorial, Centro Interdisciplinario de Neurociencia de Valparaíso, CINV Millenium Institute, Universidad de Valparaíso, Chile.

NEUROBIOLOGÍA

Existe bastante literatura que relata en términos generales la anatomía del sistema nervioso central y periférico de las arañas, donde utilizan modelos como *Tegenaria*, *Cupiennius*, *Portia*, *Phidippus y Pardosa*, describiendo los sistemas sensoriales de estas, con especial énfasis en la percepción táctil y en la visión de estos géneros, e incluso con algunos detalles sobre ensayos electrofisiológicos que demuestran la percepción química de señales como las feromonas (Hill, 1975; Seyfarth, *et al*., 1993; Barth, 2002; Foelix, 2011; Nentwig, 2013), sin embargo, no existe ningún estudio sobre la neurobiología de *Loxosceles laeta,* ni desde un punto de vista anatómico o funcional.

DISTRIBUCIÓN

En el ambiente natural, las arañas del género *Loxosceles*, pueden ser encontradas en cavernas o ambientes similares como fisuras, bajo troncos o piedras, sin embargo, se describe a varias especies de este género como sinantrópicas, es decir, que su supervivencia y densidad poblacional se ven favorecidas al habitar en construcciones humanas (Tacaure-Ríos, 2011; Chomphuphuang, *et al*., 2016), situación que se cumple en al caso de la especie *L. laeta*, que puede ser encontrada desde la primera a la décima región de nuestro país, coincidiendo una mayor densidad en su distribución geográfica con los centros urbanos más habitados en nuestro país, lo que coincide también con sus preferencias térmicas (Canals, *et al*., 2015b). Estas arañas establecen sus madrigueras en diferentes rincones de las casas donde habitualmente se ocultan durante el día, presentando una mayor actividad por las noches en busca de su alimento que consiste en artrópodos pequeños como cucarachas, moscas y polillas entre otros (Canals, *et al*., 2015a, 2015b).

POSIBLE PREDADOR

Otra especie sinantrópica que comparte el nicho con la araña del rincón es la araña "escupidora" o araña "tigre" (*Scytodes globula,* fam. Scytodidae), existiendo evidencias respecto a un potencial rol como predador de la araña de rincón, dado los hábitos aracnofágicos que se le reconocen, sin embargo, es discutible la eficacia como controladora de poblaciones de *L. Laeta* por sí sola, ya que es necesario indicar que existe evidencia de predación por parte de *L. laeta* hacia *S. globula,* tanto en la bibliografía, como observaciones personales. Las arañas del género Scytodes, son llamadas escupidoras, por una modificación en sus quelíceros y la presencia de glándulas productoras de seda en el cefalotórax, que le permiten disparar a distancia una mezcla de seda, pegamento y veneno, evitando de esta forma confrontar directamente a sus presas, inmovilizándolas a distancia antes de alimentarse de ellas.

CICLO VITAL Y LONGEVIDAD

Se ha descrito que el tiempo total de desarrollo de *L. laeta* hasta alcanzar su estado adulto es de un año y que su tiempo generacional es G=2.1 años, demostrándose junto con esto que la proporción de estados inmaduros varía dependiendo de la estación del año entre un 80 y un 90%, significando esto que en una casa en la que se puedan observar tres o cuatro adultos de esta especie, en realidad se está observando solo una muestra de una población mayor de alrededor de 20 a 40 arañas (Canals y Solís, 2014).

Respecto a la longevidad de *L. laeta*, un estudio reciente realizado en Chile, determinó que en cautiverio pueden presentar una longevidad máxima de hasta 4.5 años en el caso de las hembras (Canals y Solís, 2014), lo que difiere por lo reportado previamente en un estudio estadounidense con la misma especie, donde se indican longevidades promedio de 6.86 años en hembras y 3.8 años en machos (Lowrie, 1987), diferencias que se pueden explicar por diferentes condiciones experimentales y de variabilidad genética de los individuos usados en estos estudios.

METABOLISMO Y DISPERSIÓN

Las arañas en general, tienen la capacidad de pasar largos periodos de tiempo sin comer, esto gracias a una baja tasa metabólica, que ha surgido probablemente como una adaptación a vivir en medios donde es difícil predecir la disponibilidad de presas (Canals, *et al.,* 2015c), llegando incluso a encontrarse reportes en los que se ha determinado que *L. laeta*, es capaz de pasar periodos de 1.24 años en promedio sin recibir alimento alguno (Lowrie, 1980), característica que podría explicar en parte, como es posible la dispersión de arañas a regiones muy distantes en el mundo, las que algunas veces via-

jan por meses sin alimentarse, al ser transportadas accidentalmente por humanos. Además, es muy común observar series de exosqueletos de distintos tamaños junto a una araña adulta de este género, lo que se puede interpretar como que gran parte de su vida la pasan en un mismo lugar .

MORDEDURA Y VENENO

Dadas sus preferencias térmicas, que por un lado contribuyen a determinar su distribución geográfica, la araña de rincón también presenta un aumento de actividad en primavera y verano, lo que genera un aumento de los accidentes que involucran mordeduras por esta especie, recibiendo el cuadro clínico provocado el nombre de Loxoscelismo, envenenamiento asociado a una serie de diversos síntomas clínicos (Chaim, et al., 2011; Canals, *et al.,* 2015b).

Tras una mordedura, frecuentemente se siente dolor y por lo menos un enrojecimiento de la región afectada directamente por la mordedura, a veces con un halo de color morado alrededor de este enrojecimiento inicial, pudiendo llegar a producir una ampolla y una necrosis local, lo que se conoce como cuadro cutáneo, que en caso de complicarse (lo que es muy poco frecuente) y dependiendo de muchos factores, podría generar una necrosis más extensa, o incluso, debido a una cascada de reacciones inflamatorias y la difusión del veneno, podría extenderse el daño a otros órganos lo que se conoce como cuadro visceral, causando entre otros síntomas fiebre, debilidad, vómitos, prurito, falla renal e incluso la ruptura de glóbulos rojos de la sangre (hemólisis) y falla multisistémica (Chaim, *et al.,* 2011).

El veneno producido por esta especie, es una mezcla compleja de toxinas, entre las que se pueden destacar la fosfolipasa D (anteriormente conocida como esfingomielinasa D, la cual presenta acción necrotizante), nucleósidos sulfatados (que tienen efectos de parálisis y fatales en insectos), proteasas (como las astacinas, encargadas de digerir proteínas de superficie), hialuronidasa, factores liberadores de histamina (también conocidas como TCTPs), metaloproteasas, nucleotidasas, colagenasa, estearasas, fosfatasa ácida y alcalina (con un rol en la quimiotaxis, necrosis y agregación plaquetaria) y pequeños péptidos neurotóxicos , aunque a pesar de ser muy conocidos los componentes y sus efectos generales, no se conoce aún en detalle los mecanismos moleculares por medio de los cuales llevan a cabo sus efectos.

Con el fin de contrarrestar los efectos del veneno, tras la confirmación en un centro asistencial de una mordedura por esta especie, se lleva a cabo un tratamiento consistente muchas veces en la aplicación de un suero antiloxoscélico monovalente, importado regularmente en nuestro país para mantener su disponibilidad, sin embargo, un estudio realizado en nuestro país, sugiere que no hay evidencias suficientes que avalen la efectividad del tratamiento con este suero y su efecto podría limitarse a prevenir la aparición de lesiones dermonecróticas o limitar su extensión, resaltando la idea de que es necesario educar a la población respecto a la efectividad real, con el fin de no generar falsas expectativas (Araujo, 2004).

De lo anterior se desprenden las siguientes conclusiones:

1.- No se conoce exactamente la diversidad de especies del género *Loxosceles* presentes en el territorio chileno, sin embargo, se acepta actualmente que son tres las especies identificadas: *L. laeta*, *L. surca* y *L. coquimbo*.

2.- A pesar que se conoce bastante sobre la anatomía de la araña de rincón, no existe información sobre su fisiología sensorial o de la anatomía de su sistema nervioso.

3.- Existe solo un posible predador natural descrito, la especie *Scytodes globula*, sin embargo, su eficacia como tal no es tan relevante por si solo en el control de su potencial presa.

4.- En condiciones favorables, *L. laeta* puede presentar una gran longevidad y dado su bajo metabolismo, puede soportar periodos de hambruna y desecación extensos, sin embargo, no se entiende completamente los mecanismos que subyacen.

5.- No se conoce completamente el mecanismo de acción de las toxinas que componen el veneno y no existe un tratamiento eficaz contra sus efectos.

AGRADECIMIENTOS

Dr. Oliver Schmachtenberg, Laboratorio de Fisiología Sensorial, CINV Millennium Institute, Universidad de Valparaíso, Chile. Beca de Estudios de Doctorado en Chile, convocatoria 2013, CONICYT, CINV Millennium Institute, Iniciativa Científica Milenio.

REFERENCIAS

Araujo, M. 2004. EFECTIVIDAD DEL SUERO ANTI-LOXOSCELES.

Barth, F. 2002. A Spider's World. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-04899-3.

Binford, G., Callahan, M., Bodner, M. et al. 2008. Phylogenetic relationships of Loxosceles and Sicarius spiders are consistent with Western Gondwanan vicariance. Mol Phylogenet Evol (49):538–553.

Canals, M., Arriagada, N. y Solís, R. 2015a. Interactions between the chilean recluse spider (Araneae: Sicariidae) and an araneophagic spitting spider (Araneae: Scytodidae). J Med Entomol (52):109–116.

Canals, M., Canals, M. y Tacaure-Rios, A. 2015b. Estimation of the potential distribution of the Chilean recluse spider Loxosceles laeta and the spitting spider Scytodes globula from preferred temperatures in the laboratory. Parasitol Latinoam (64):22–29.

Canals, M. y Solis, R. 2013. Is the tiger spider, Scytodes globula, an effective predator of the brown recluse spider, Loxosceles laeta? Rev Med Chil (141):811–813.

Canals, M. y Solís, R. 2014. Desarrollo de cohortes y parámetros poblacionales de la araña del rincón Loxosceles laeta. Rev Chil infectología (31):555–562.

Canals, M., Veloso, C. y Solís, R. 2015c. Adaptation of the spiders to the environment: The case of some Chilean species. Front Physiol (6):1–9.

Catalog, W. 2016. World Spider Catalog Version 17.0. World Spider Cat Disponible en: http://www.wsc.nmbe.ch/.

Chaim, O., Trevisan-Silva, D. Chaves-Moreira, D. et al. 2011. Brown spider (Loxosceles genus) venom toxins: Tools for biological purposes. Toxins (Basel) (3):309–344.

Chomphuphuang, N., Deowanish, S., Songsangchote, C., et al. 2016. The Mediterranean recluse spider Loxosceles rufescens (Dufour, 1820) (Araneae: Sicariidae) established in a natural cave in Thailand. J Arachnol (44):142–147.

Foelix, R. 2011. Biology of Spiders, Third. Oxford University Press, Inc.

Gremski, L., Trevisan-Silva, D., Ferrer, V. et al. 2014. Recent advances in the understanding of brown spider venoms: From the biology of spiders to the molecular mechanisms of toxins. Toxicon (83):91–120

Hill, D. 1975. The structure of the central nervous system of jumping spiders of the genus Phidippus (Araneae: Salticidae), 94 pp..

Lowrie, D. 1980. Starvation Longevity Of Loxosceles Laeta (Nicolet) (Araneae). Entomol News (91):130–132.

Lowrie, D. 1987. Effects of Diet on the Development of Loxosceles Laeta (Nicolet) (Araneae , Loxoscelidae). J Arachnol (15):303–308.Mendoza Ticona, C. y Cabezas Sánchez, C. 2006. Loxoscelismo: Evaluación Clínica, Tratamiento y Prevención. Rev Peru Enfermedades Infecc y Trop (5):2–8.

Nentwig,W. 2013. Spider ecophysiology (Nentwig W, ed). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-33989-9.

Seyfarth, E., Hammer, K., et al. 1993. Octopamine immunoreactive neurons in the fused central nervous system of spiders. Brain Res (611):197–206.

Suter, R. y Stratton, G. 2009. Spitting performance parameters and their biomechanical implications in the spitting spider, Scytodes thoracica. J Insect Sci (9):1–15.

Tacaure-Ríos, A. 2011. Loxosceles surca (Gertsch, 1967) (Araneae: Sicariidae) en el norte de Chile. Boletín Biodivers Chile (5):45–49.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO | Volumen 29, 2016. Páginas 57-66
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

FLORA NATIVA DE INTERÉS APÍCOLA, EN LA CUENCA DE TULAHUENCITO, REGIÓN DE COQUIMBO, (CHILE)

Native Flora of beekeeping interestin the Basin Tulahuencito, Region of Coquimbo(Chile).

Eduardo Jaime Muñoz y Rodrigo Villaseñor Castro***

Resumen: Se presenta un estudio relacionado con las plantas nativas de interés apícola en la cuenca de Tulahuencito, comuna de Monte Patria, Región de Coquimbo, Chile. Esta investigación pretende registrar conocimientos locales de la importancia de los vegetales nativos, para la sobrevivencia de la abeja de miel (*Apis mellifera)*. El objetivo es reconocer y valorar la flora nativa de interés apícola, en esta zona de secano. La metodología empleada en el trabajo fueron observaciones de las abejas en las flores de plantas nativas y su tasa de visitación. Además de fichas didácticas y entrevistas a los lugareños. Los resultados de esta investigación permitieron a esta comunidad rural registrar la importancia de las plantas nativas de interés apícola que viven en el área de estudio, reconociendo sus características naturales y proponiendo estrategias para su conservación.

Palabras claves: Etnobotánica, cuenca, plantas nativas, abeja de miel, comunidad, apicultores y floración.

Abstract: A study on the native plants of interest in beekeeping Tulahuencito Basin, district of Monte Patria, Coquimbo Region, Chile is presented. This research aims to record local knowledge of the importance of native plants for the survival of the honey bee (*Apis mellifera*). The aim is to recognize and appreciate the native flora of beekeeping interest in this area of dry land. The methodology used in the study were observations of bees in the flowers of native plants and their rate of visitation. Besides flashcards and interviews with locals. The results of this research allowed this rural community register the importance of native plants beekeeping interest living in the study area, recognizing its natural characteristics and proposing strategies for their conservation.

Keywords: Ethnobotany, cuenca, native plants, honeybee, community, beekeepers and flowering.

* Magister en Desarrollo Regional y Medio Ambiente Universidad de Valparaíso. Monte Patria, Chile, casilla 123-V, correoejaime18@gmail.com
** Magister en Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. Laboratorio de Botánica. Universidad de Playa Ancha, casilla 34-V. correorvillac@upla.cl

INTRODUCCIÓN

La importancia de registrar los conocimientos locales relacionados con las plantas de interés apícola en la cuenca de Tulahuencito, es un desafío y una gran oportunidad para valorar la flora autóctona en Chile.

El presente trabajo de investigación consiste en levantar información a través de muestreo de campo, analizando argumentos de las personas entrevistadas y datos obtenidos de los trabajos en terreno, para responder a la pregunta ¿Cuáles son las plantas nativas de importancia apícola en la comunidad de Tulahuencito? La idea de la investigación, es hacer participar a la comunidad, integrando los conocimientos y experiencias de los apicultores, cabreros, mineros y temporeros que habitan la cuenca, en relación a las plantas nativas de interés apícola y estos datos constatarlos con el trabajo de campo.

Estudios etnobotánicos han dado a conocer la importancia de la flores nativas para la sobrevivencia de la abeja melífera. Villagrán *et al*. (2003), mencionan, para Los Andes de la primera región, que existen especies nativas como la *Calceolaria stellariifolia Phil*. que crece en hábitats rocosos alto andinos, siendo sus flores amarillas, visitadas por las abejas. Por otra parte, Forcone & Muñoz (2009) averiguaron que para el Noreste de Santa Cruz, Argentina, en el mes de octubre la floración de las plantas nativas superó a las naturalizadas, antecedente relevante para visualizar su papel en la sobrevivencias de las abejas melíferas.

El área de estudio, es la cuenca de Tulahuencito, que se ubica en la Comuna de Monte Patria, Provincia del Limarí, Región de Coquimbo. Posee una superficie de 14.138,83 hectáreas, geográficamente se encuentra localizada en las siguientes coordenadas geográficas 30°51´22. 20 S y 70°32´35.02 O (Ver Figura 1).

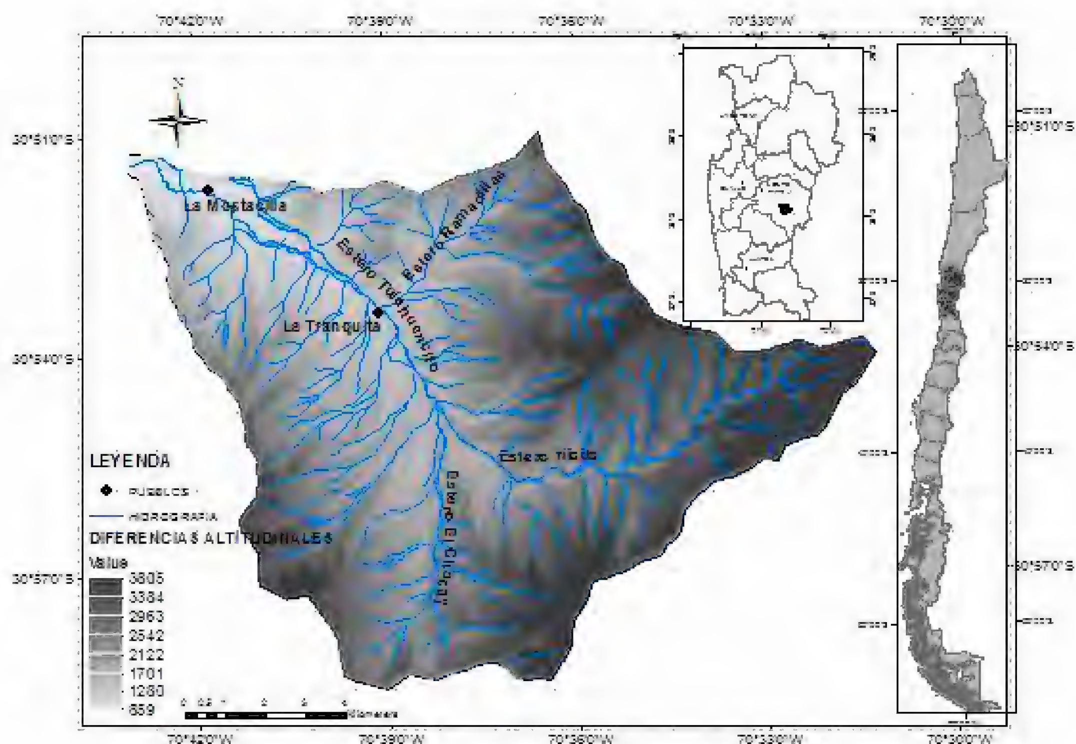


Figura 1: Mapa de la cuenca de Tulahuencito, en el plano local, regional y continental de Chile. Fuente: (CEAZA, 2014).

La unidad geográfica limita al Norte con el Valle de Mostazal, al Sur con La Cuenca del Río Grande, al Este con la Cordillera de Caracha y Sasso y al Oeste con la Cuenca Río Grande y Valle de Mostazal) (Jaime, 2014).

La zona se ubica cerca de la Cordillera de los Andes, en un paisaje con abundantes pendientes. Esta característica natural determina un ambiente que es susceptible a los procesos erosivos. "La Cuenca de Tulahuencito forma parte del río Limarí, esta hoya hidrográfica se ubica en la zona central de la región" (Sánchez y Morales, 1993). Las escasas lluvias, permiten la existencia de los esteros "Tulahuencito", "Ramadillas", "Riicito" y "Chacay" que conforman una extensa zona, hasta la desembocadura del río mostazal.

En la Cordillera Andina, se encuentran diversos tipos de vegetación, dependiendo de los rasgos latitudinales del relieve. Por ejemplo, en laderas de exposición norte es frecuente Puyales con suculentas (Villaseñor, 1980) dominados por *Puya berteroniana* Mez y *Echinopsis chiloensis* Colla, mientras que en laderas de exposición sur hay matorrales xéricos cuyas comunidades son dominadas por *Porlieria chilensis* I .M .Johnston y *Bridgesia incisifolia* Bert.ex Cambess, (modificado de Luebert y Pliscoff, 2006). Biogeográficamente el área de estudio se ubica en la sub-región de los Andes mediterráneos. Desde el punto de vista climático, corresponde a un territorio que tiene precipitaciones de invierno, en un gradiente que aumenta de norte a sur (Gajardo, 1994). Esta zona geográfica posee características de dos ecosistemas de importancia mundial: el gran Desierto de Atacama y el Bosque Esclerófilo Mediterráneo (Jorquera, *et al.*, 2013).

En su artículo de plantas de interés apícola en el paisaje, May y Rodríguez (2011), dieron a conocer que en la República Dominicana, la distribución geográfica del paisaje natural fue de gran importancia para la producción de miel y para el mantenimiento de las colmenas, presentes en zonas donde existía abundante vegetación natural.

El medio natural, en Tulahuencito, posee rasgos de un accidentado relieve con presencia de laderas, quebradas, colinas y montañas que permiten el crecimiento de vegetales nativos de gran interés apícola. La comuna de Monte Patria representa la realidad de un medio rural marcado por las actividades agrícolas, ganaderas y mineras, que sustentan la economía y da trabajo a la población residente en la zona. La cría de cabras permite que los pobladores produzcan leche y queso como sustento del grupo familiar.

Según los datos entregados por el "*Informe del Catastro y Evaluación de los recursos vegetacionales de Chile*" (CONAMA, 1999), Monte Patria presenta una alta superficie cubierta con matorral suculento.

Las comunidades han aprovechado los recursos nativos y lo han utilizado con fines forrajeros, combustibles y medicinales (Jaime y Villaseñor, 2015). Los recursos nativos ofrecen beneficios ecológicos y económicos para las comunidades rurales, sin embargo el uso desmedido puede llevar a estados de degradación difíciles de revertir.

En la cuenca, existen plantas nativas que son de gran interés para la abeja de miel (*Apis mellifera*), cuando están en etapa de floración. Los apicultores y los cabreros de Tulahuencito han observado la presencia de abejas de miel sobre flores de plantas nativas en las laderas y faldeos precordilleranos de la unidad en estudio. En la comuna de Monte Patria, el algarrobo (*Prosopis chilensis* (Molina) *Stuntz*), constituye una especie de gran importancia melífera debido a que es priorizada por las abejas (ODEPA, 2009).

En la actualidad las abejas melíferas están amenazadas en todo el mundo, y Chile no es la excepción, lo que podría traer grandes perjuicios ambientales y económicos, como por ejemplo, una crisis alimentaria (Urbina, 2014).

Los apicultores dedicados a la crianza de la abeja de miel, han manifestado su preocupación por conocer las plantas nativas utilizadas por la abeja, para elaborar estrategias que permitan la conservación de la flora nativa. Por esta razón, el presente estudio de etnobotánica pretende ser un aporte para la comunidad de Tulahuencito, ya que en la zona se sabe poco de las plantas nativas de interés apícola desconociendo su importancia y su papel en la conservación de la biodiversidad, por esta razón este estudio permitirá que los pobladores del lugar generar información base para la elaboración de un plan de manejo y conservación de los recursos vegetales con interés apícola.

METODOLOGÍA

En Tulahuencito, existen aproximadamente 169 habitantes, según INE, CENSO (2002). El reducido grupo de habitantes, que vive en este sector rural, se concentra en la localidad de La Tranquita y La Mostacilla. En estos centros poblados existe una comunidad de apicultores, quienes aprovechan los productos derivados de la crianza de abejas de miel. La producción de miel se encuentra asociada al periodo de primavera y verano, estaciones donde se registra la floración de las plantas en coincidencia con la disminución de la época de lluvias en la zona precordillerana.

Entrevistas a la comunidad

Para comenzar la investigación se entrevistó a la comunidad de Tulahuencito y a los apicultores de la cuenca y de zonas cercanas al área de muestreo. De un total de 161 personas entrevistadas, diez se dedican a la producción de miel, propóleos, entre otros productos de origen apícola. En relación a los dueños de las colmenas de abejas, se aprecia un predominio del género femenino, sobre el masculino.

La comunidad, en conjunto con los apicultores, elaboraron un listado de las especies nativas, discriminando la estructura de la vegetación mediante las siguientes categorías; árboles, arbustos, trepadoras, hierbas, cactáceas y bromeliáceas. Para identificar las plantas, se tomaron fotografías de los vegetales, realizando fichas de muestreo, para que la comunidad y los apicultores reconocieran con mayor facilidad el nombre común de cada especie vegetal. Junto a esta actividad, se escribieron los nombres comunes y científicos de las plantas mencionadas por los lugareños. Luego se identificaron las plantas en el campo y recolectaron algunas muestras para herbario.

Para la identificación y nomenclatura de estas plantas se consultaron los textos de floras que están disponibles como: Hoffmann (2012); Hoffmann *et al*., (1998); Hoffmann, *et al*., (2004); Hoffmann, *et al*., (2014); Hoffmann *et al*., (2003); Marticorena *et al.,* (2010); Riedemann & Aldunate (2003); Riedemann *et al*., (2008); Squeo, *et al*., (1993); Squeo *et al*., (2001); Zuloaga *et al*., (2008).

Se elaboró un listado general de la flora nativa del sector sin discriminar si las abejas van o no a esas plantas (Anexo N°1, **Listado 1**), esta actividad se realizó en conjunto con los apicultores y la comunidad. Luego se seleccionaron las plantas visitadas por las abejas en época de floración. Para proponer esas plantas, se tomaron en cuenta los testimonios entregados por las personas y registros fotográficos capturados por los apicultores y la comunidad en general.

Se seleccionaron los sitios de muestreo con la ayuda de los lugareños, ellos indicaron algunas zonas con plantas nativas florecidas, comenzando por las hierbas, luego las trepadoras, continuando con las bromeliáceas, cactáceas y finalmente los árboles, se avanzó en el trabajo a medida que las plantas fueron floreciendo en la cuenca de Tulahuencito.

Se trabajó en dos sectores de la cuenca, en el lecho del estero de Tulahuencito y en los alrededores de los otros esteros, considerando las laderas y quebradas que bajan desde las montañas del sector. Las personas de la comunidad, para ayudar en el reconocimiento de plantas visitadas por la abeja de miel, propusieron algunos sitios de estudio presentes en la cuenca, donde era posible encontrar vegetales en floración, utilizados por la abeja de miel. En la cuenca se desarrolló un trabajo de campo por un periodo de un año registrando la floración de las distintas plantas nativas. Se monitoreó las abejas que visitan las flores de las especies, para esto se utilizó un reloj de mano para tomar el tiempo, contabilizando la cantidad de abejas que visitan las flores en un periodo de una hora. La actividad se realizó en temporada de primavera y verano, durante la mañana y parte de la tarde de 12:00 hrs a 13:00 hrs, en días soleados y sin lluvias. Se observaron y seleccionaron cinco flores o inflorescencias, según la especie, en cada planta nativa identificada, registrando el número de abejas que llegó a la flor, durante esa hora.

Debido a la gran dispersión geográfica de las plantas y lo escabroso del relieve, para realizar esta tarea, se formaron cuatro grupos de dos personas, quienes se encargaron de monitorear la flora nativa más cercana a su domicilio.

Los resultados fueron presentados en proporciones de abejas que visitan las diferentes especies de plantas.

RESULTADOS

Las personas entrevistadas identificaron 20 plantas nativas que habitan el lecho del estero de Tulahuencito y 40 plantas en los alrededores del estero. En relación a la flora de interés apícola, los lugareños nombran tres árboles, dos arbustos y una bromeliácea, presente en la unidad geográfica, plantas donde habían observado abejas de miel. Los entrevistados mencionaron algunos sitios donde era posible encontrar plantas de interés apícola, ya que habían observado algunas abejas de miel, estos lugares fueron; las laderas de exposición Norte de la comunidad Agrícola Quebrada de Colliguaycito conocido como "Cerro la gloria", "Quebrada de Colliguaycito", "El portezuelo", Las minillas", "Quebrada de Ramadillas", "Majada El álamo", "El Chacay" "Plaza los aburridos" y "Riicito". Se observa en la comunidad una valoración de la flora autóctona del lugar.

El diagnóstico y evaluación de la flora nativa en las mediciones en terreno, se determinaron 32 especies para el lecho del río "Tulahuencito", "Ramadillas", "Riicito" y "Chacay" (Anexo N°1, **Listado 1**) y 53 para sitios cercanos, encontrando poblaciones de vegetales hasta una distancia de 595, 23 metros alejados del río (Anexo 1, **Listado 2**), registrándose un total de 85 plantas para el área de estudio. De este total de plantas se observó en cuatro árboles, nueve arbustos, cinco hierbas, cuatro cactáceas y una bromeliáceas la visita de una o más abejas de miel, obteniendo un total de 23 plantas nativas de interés apícola.

Entre, los sitios propuesto por la comunidad, se destaca el sitio "Quebrada de Colliguaycito", en el lugar se encontraron 10 Algarrobos (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stunt), (Anexo **2 Foto N° 1)** contabilizando en cinco inflorescencias la cantidad de 30 abejas, de miel, que se depositaron durante una hora, representando el mayor número de insectos en la categoría de los árboles, con un 54% de las preferencias (Tabla N° 1).

En la "Quebrada de Ramadillas", se encontraron Arrayanes (*Luma chequen* (Molina) A.Gray.). En cinco flores se contabilizaron 30 abejas que se alojaron durante una hora sobre sus flores, dando como porcentaje un 24% en la categoría de los arbustos. En el estero "El Chacay", se encontró una población de Chacay (*Discaria chacaye* (G.Don) Tortosa), arbusto nativo donde se registraron 15 abejas sobre sus flores.

A orillas de la majada "El Alamo", se encontraron cuatro plantas de la especie denomina por los arrieros como Luncas (*Escallonia angustifolia* J. Presl.) (Anexo 2, **Foto N°2**), observando 40 abejas de miel sobre sus flores, obteniendo un 32% de los arbustos evaluados (Tabla N° 2). En la "Plaza de los Aburridos" es muy común encontrar la flor de las laderas (Malesherbia paniculata D.Don.) hierba donde se encontraron siete abejas de miel, ocupando un 37%. (Tabla N°1). En el sitio "Pedregal Oriente", Los senecios (*Senecio adenotrichius* DC), se registró un total de 3 abejas de miel (Tabla N°3).

Además se contaron, en este lugar se contaron 7 abejas, visitando al Espino (Acacia caven (Molina) Molina) (Anexo 2 **Foto N°4**), lo que representa un 10 % del total de visitas y Varilla mansa *(Adesmia argentea* Meyen) (Anexo 2, **Foto 5**), con un 2 %.

Tablas 1 – 4: Número y porcentaje de abejas de miel observadas en una hora que visitan las plantas, en la Cuenca de Tulahuencito.

Tabla N° 1		
Árboles Nativos	**N° de abejas**	**%**
Algarrobo	30	41
Sauce	20	28
Chañar	15	21
Espino	7	10
	56	100

Tabla N° 2		
Arbustos Nativos	**N° de abejas**	**%**
Carboncillo	2	2
Incienso	3	3
Varilla	2	2
Nipa	6	5
Lunca	40	36
Arrayán	30	27
Maqui	3	3
Chacay	15	13
Molle	10	9
	119	100

Tabla N° 3		
Hierbas Nativas	**N° de abejas**	**%**
Clavel de campo	1	8
Senecio	3	23
Capachito	2	15
Flor de las laderas	5	39
Coronilla de Fraile	2	15
	20	100

Tabla N° 4		
Cactáceas y Bromeliáceas	**N° de abejas**	**%**
Chagual	50	81
Sandillón de los ratones	2	3
Quisco	5	8
Sandillón	2	3
Chapín	3	5
	62	100

En el sitio "Cerro la gloria" el grupo de las bromeliáceas registró el mayor número de abejas, principalmente sobre el Chagual Flor Celeste (*Puya alpestris (Poepp) Gay ssp alpestris.*) (Anexo 2, **Foto Nº 3**), el cual determinó un total de 50 abejas. Para el tiempo de muestreo, los apicultores de la comunidad de Tulahuencito y los del valle de mostazal mencionaron lo llamativa que era la flor del vegetal para los insectos, debido a una especie de néctar dulce que produce la planta, representando el 81% (Tabla Nº4). Y además se anotó la presencia de abeja de miel en la Pulpica (*Kageneckia angustifolia* D.Don.) (Anexo 2, **Foto Nº 6**).

Entre los sitios más importantes, donde se divisó mayor cantidad de abejas de miel fue "Quebrada de Colliguaycito", laderas del "Cerro la gloria" y "Quebrada de Ramadillas".

DISCUSIÓN

En la Cuenca de Tulahuencito la comunidad ha visto a las abejas alimentarse de plantas silvestres, aunque siente que las abejas son peligrosas debido a reacciones alérgicas que produce su picadura, manifiesta su preocupación debido a la muerte y la disminución de sus poblaciones.

Según los testimonios entregados por la comunidad existe un desconocimiento de las plantas nativas de interés apícola, un ejemplo de ello, es la Lunca (*Escallonia. angustifolia*), arbusto nativo, encontrado a las orillas de las majada "El Álamo", el vegetal es desconocido incluso para algunos apicultores, se han asombrado al conocer la enorme cantidad de abejas melíferas que visitan la planta. En Tulahuencito, el vegetal es escaso, debido a los pocos cursos de agua no son permanentes, dicha planta crece a orillas de cascadas de aguas a 1500 metros de altura sobre el nivel del mar y su floración ocurre el mes de febrero.

En relación con la flora de interés apícola arbórea, reconocida por la comunidad destaca el algarrobo *(Prosopis chilensis).*Según Rodríguez, Mattehi y Quezada (1974). Este árbol crece en suelos pobres, planos y de poca pendiente, siendo una planta adaptada a la intensa radiación solar y a gran luminosidad, situación que es aprovechada por los insectos al momento de florecer. Ángels (1991), indica que las abejas recolectoras de polen y néctar son por lo general, las más viejas y expertas, esta condición hace posible que los insectos puedan volar una gran distancia y volver a sus columnas sin ningún problema, es el caso de las abejas encontradas en los estero de Ramadillas.

Según Riedermann & Aldunate (2003), la distribución de las Luncas (*Escallonia angustifolia*) y el Chacay (*Discaria. trinervis)* crecen cerca de cursos de agua permanente a pleno sol, en suelos pedregosos, situación que coincide con la trayectoria que las abejas realizan para ir a buscar su alimento, sobre las laderas de exposición Norte del cerro "La gloria". Los resultados de la investigación sustentan la evidencia que el mayor número de abejas se registra sobre las plantas cuyo hábitat natural se centra en espacios de mayor luminosidad. Otra especie de importancia apícola fue *Puya alpestris*, encontrada a 1200 metros de altura, sobre el nivel del mar según Hoffmann (2012), habitan sobre las laderas asoladas de los cerros. En coincidencia con estos estudios, las plantas nativas preferidas por la abeja de miel se distribuyen en zonas asoleadas sobre los terrenos de la cuenca de Tulahuencito.

La comunidad de apicultores han reconocido el papel que desempeñan las plantas nativas en la sobrevivencia de las abejas. A su vez, es importante destacar el rol ecológico que cumplen las abejas mediante la polinización de las plantas, (Estay, 2012). Esto favorece a la reproducción de las distintas plantas del lugar. Los pobladores han mencionado la necesidad de aprender técnicas para propagar las plantas nativas visitadas por abejas. Existe el interés de la comunidad de apicultores, colocar en sus huertos flora de interés apícola, para que sean utilizadas por las abejas de miel.

Según Montenegro *et al.* (2013) ,*Cryptorcarya alba,* que crece en la zona central, claramente fue la preferida por la abeja en la época de colecta, siendo la especie nativa presente en mayor cantidad de muestras de polen, en segundo lugar de importancia se observa la presencia de un género de *Azara*. Otras dos especies que son destacables *Echinopsis chiloensis y Kageneckia oblonga*, porque su polen aparece en más de una muestra y con altos porcentajes de participación. Excepto Echinopsis, las otras especies crecen en la zona mediterránea, y no fueron encontradas en la zona de estudio.

Tulahuencito es una zona rural que se ha mantenido, sin la intervención del monocultivo, sistema agrícola, donde el uso de la tierra, se dispone a un solo cultivo, los apicultores, han manifestado la preocupación por los plaguicidas, que amenazan la sobrevivencia de la abeja y la destrucción de la flora nativa,por esta razón existe la necesidad de más estudios que revaloricen la importancia de la flora nativa para la sobrevivencia de la abeja de miel y el saber local de los apicultores. Una estrategia para desarrollar en La Cuenca de Tulahuencito es la elaboración de un plan de manejo, destinado a recuperar y forestar algunas zonas de la unidad de estudio, que permitan la conservación de los recursos vegetales nativos.

AGRADECIMIENTOS

A Sergio López y José Flores apicultores, destacados por su larga trayectoria en cría de abejas de miel y a todas las personas que participaron en este trabajo.

REFERENCIAS

Angel, M. 1991. El fascinante mundo de las abejas. Madrid: Editorial Parramon Ediciones .S.A.

Ahumada, M. y Faúndez, L. 2007. Manual de Reconocimiento de especies nativas de flora de las veranadas. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Coquimbo: División de protección de los recursos naturales renovables, Proyecto FNDR. Diagnóstico y Monitoreo de los pastizales andinos. Coquimbo: Unidad de asuntos públicos corporativos, SAG.

De Layens, J. y Bonnier, G. 1993. Curso completo de apicultura y cuidado de un colmenar asilado. Barcelona: Ediciones Omega S.A.

Egaña, R. Palma, C. 1999. Catastro y Evaluación de recursos vegetacionales de Chile, Informe Regional Primera a Cuarta Región. Santiago: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad Católica de Temuco.

Estay, P. 2012. Abejas: Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae), polinización según especie objetivo. Boletín INIA–N°235.

Falcone y Muñoz. 2009. Floración de las especies de interés apícola, en el Noroeste de Santa Cruz Argentina, Revista de la Sociedad Biológica Argentina.

Gajardo, R. 1994. La vegetación natural de Chile, clasificación y distribución geográfica, Santiago de Chile, Editorial Universitaria.

INE. CENSO. 2002. Reportes Estadísticos comunales, población de la comuna de Monte Patria, Región de Coquimbo Chile, Santiago: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Jaime, E. 2014. Hacia prácticas comunitarias que promuevan la conservación del medio ambiente y mejoren la calidad de vida de las comunidades rurales: El caso de los cabreros de Tulahuencito, comuna de Monte Patria, Región de Coquimbo. Tesis de grado, programa de magister en Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Universidad de Valparaíso

Hoffmann, A. 2012. Flora silvestre de Chile, zona central. (5[ta] edición). Santiago: Ediciones Fundación Claudio Gay.

Hoffmann, A., Kalin, M., Liberona, F. *et al.* 1998. Plantas altoandinas en la flora silvestre de Chile. Santiago: Ediciones Fundación Claudio Gay.

Hoffmann, A. Watson, J. y Flores, A .2004. Cactáceas en la flora silvestre de Chile.Santiago: Ediciones Fundación Claudio Gay.

Hoffmann, A., Watson, J. y Flores, A .2014. Flora Silvestre de Chile, Cuando el Desierto Florece, Volumen 1, Monocotiledóneas y otros taxones. Santiago: Ediciones Fundación Claudio Gay.

Hoffmann, A., Farga, C., Lastra, J. y Veghazi, E. 2003. Plantas medicinales de uso común en Chile, Santiago: Ediciones Fundación Claudio Gay.

Jorquera, A., Iturrieta, C., Sanchez, F., *et al.* 2013. La importancia de los humedales del río Mostazal, comuna de Monte Patria. Junta vigilancia del Río Mostazal y sus afluentes, Proyecto Fondo de Protección Ambiental FPA 4-G-O11-2012 El valle en nuestras manos: Junto protegiendo la biodiversidad de los humedales que mantienen nuestra vida y cultura. Chile.

Luebertf y Pliscoff, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago: Editorial Universitaria.

May, T. y Rodriguez, S. 2011. Plantas de interés apícola en el paisaje: Observación de campo y la percepción de apicultores en República Dominicana. Plants of Interest to Bees in The Landscape: Field Observations and The Perception of Beekeepers in The Dominican Republic. República Dominicana. En Revista Geográfica de América Central N°18. Recuperado de http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/viewFile/4002/3843

Marticorena, A., Alarcón, D., Abello, L. y Atala, C. 2010. Guía De Campo Plantas Trepadoras, Epífitas Y Parásitas Nativas de Chile .Quinta Guía de la Serie Biodiversidad de CORMA, Concepción: Ediciones Corporación Chilena de la Madera.

Montenegro, G., Pizarro, R., Mejías, E. y Rodríguez, S. 2013. Evaluación biológica de polen apícola de plantas nativas de Chile Revista Internacional de Botánica Experimental Argentina, FYTON.

Riedemann, P. y Aldunate, G. 2003. Flora nativa de valor ornamental, identificación y propagación, Chile Zona Central. Santiago: Editorial Andrés Bello.

Riedemann, P., Aldunate, G. y Tellier, S. 2008. Flora nativa de valor ornamental, identificación y propagación, Cordillera de los Andes. Santiago, Chile: Editorial Andrés Bello.

Rodriguez, R., Matthei, O. y Quezada, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Concepción: Editorial de la Universidad de Concepción.

ODEPA. 2009. Estudio: Estimación de recursos vegetacionales nativos de interés apícola en Chile, Informe final. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias y Ministerio de Agricultura.

Sánchez, A., y Morales, R. 1993. Las regiones de Chile, espacio físico y humano-económico. Santiago, Chile: Editorial Universitaria S.A.

Squeo, F., Arancio, G. y Osorio, R. 1993. Flora de los Andes de Coquimbo, Cordillera Doña Ana. La Serena: Ediciones Universidad de La Serena.

Squeo, F., Arancio, G. y Gutierréz, J. 2001.Libro Rojo de la Flora Nativa y los sitios prioritarios para su conservación en la Región de Coquimbo. La Serena: Ediciones Universidad de La Serena.

Urbina, S. 2014. Chile se une en la cruzada internacional por salvar las abejas meliferas. Santiago, Chile: Diario El Mercurio. Recuperado de: http://impresa.elmercurio.com/Pages/NewsDetail.aspx?dt=2014-07-28&dtB=28-07 2014%200:00:00&PaginaId=12&bodyid=1.

Villagrán, C., Romo y Castro. 2003. Etnobotánica del sur de los Andes de la primera Región de Chile: un enlace entre las culturas altiplánicas y las de las quebradas altas del Loa Superior. Chungará, Revista de Antropología Chilena 35(1): 73-124.

Villaseñor, R. 1980. Unidades fisionómicas y florísticas del Parque Nacional La Campana. An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso (13):65-70.

Zuloaga, F., Morrone, O. y Belgrano, M. 2008. Catálogo de las plantas vasculares del cono sur. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107. Missouri: Missouri botanical Garden, 3486 pp.

ANEXO 1

Listado1: Plantas nativas encontradas en el lecho del esteros de "Tulahuencito", "Ramadillas","Riicito" y "Chacay", comuna de Monte Patria, Región de Coquimbo.

Nombre científico	Nombre común	Árbol	Arbusto	Hierba	Cactáceas	Bromeliáceas
1. *Equisetum giganteum* L.	Yerba del platero			*		
2. *Mimulus depressus* Phil.	Berro amarillo			*		
3. *Zannichellia palustris* L.	Cachudita de las lagunas			*		
4. *Lemna gibba* L.	Lenteja de agua			*		
5. *Mentha spicata* L.	Hierba buena			*		
6. *Sium latifolium* L.	Berro brasileño			*		
7. *Nasturtium officinale* W.T.	Berro común			*		
8. *Portulaca oleracea* L.	Verdolaga			*		
9. *Dennstaedtia glauca* (Cav.) C. Chr. ex Looser.	Helecho de los canales			*		
10. *Senecio fistulosus* Poepp. Ex. Less.var. fistulosus.	Hualtata			*		
11. *Ludwigia peploides* (Kunth) P.H. Raven subsp. *peploides*	Duraznillo			*		
12. *Urtica dioica* L.	Ortiga verde		*			
13. *Bromus setifolius* J. Presl var *setifolius*.	Cebadilla			*		
14. *Cortaderia nudiuscula* Stapf.	Cola de zorro		*			
15. *Eleocharis albibracteata* Nees & Meyen ex Kunth.	Rime			*		
16. *Eleocharis lechleri* Boeck.	Pasto de vega			*		
17. *Taraxacum officinale* G. Weber ex F.H. Wigg.	Diente de León			*		
18. *Veronica anagallis-aquatica* L.	No me olvides del campo			*		
19. *Escallonia angustifolia* J. Presl.	Lunca		*			
20. *Escallonia illinita* C. Presl var. *pubicalycina* Briq..	Ñipa		*			
21. *Salix humboldtiana* Willd.	Sauce	*				
22. *Baccharis linearis* (Ruiz & Pav.) Pers. spp linearis.	Romero		*			
23. *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera var polygamus.	Molle	*				
24. *Maytenus boaria* Molina.	Maitén	*				
25. *Baccharis marginalis* D.C	Chilca		*			
26. *Cestrum parqui* L'Hér.	Palqui		*			
27. *Muehlenbeckia hastulata* (Sm.) I.M. Johnst. var *hastulata*	Mollaca		*			
28. *Otholobium glandulosum* (L.) J.W. Grimes.	Culén	*				
29. *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz.	Maqui	*				
30. *Discaria chacaye* (G.Don) Tortosa.	Chacay		*			
31. *Centaurea chilensis* Hook. Et Arn.	Flor de minero		*			
32. *Luma chequen* (Molina) A.Gray.	Arrayán		*			

Listado 2: Plantas nativas encontradas en los alrededores del estero de “Tulahuencito”, “Ramadillas”,”Riicito” y “Chacay”, comuna de Monte Patria, Región de Coquimbo.

Nombre científico	Nombre común	Árbol	Arbusto	Trepadoras	Hierba	Cactácea	Bromeliáceas
1. *Acacia caven* (Molina) Molina	Espino	*					
2. *Proustia cuneifolia* D.Don	Pucana		*				
3. *Porlieria chilensis.* I.M. Johnston	Guayacán		*				
4. *Viviana marifolia* (Hook.) G.Don.	Té de burro				*		
5. *Tetraglochin alatun* (Gilles ex Hook.&Arn) Kuntze.	Horizonte		*				
6. *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart.	Chañar	*					
7. *Proustia cinerea* Phil.	Palo de yegua	*					
8. *Junellia spathulata* (Gilles ex Hook.&Arn) Moldenke.	Verbena chica				*		
9. *Adesmia argentea* Meyen.	Varilla mansa		*				
10. *Adesmia glutinosa* Hook.& Arn.	Varilla		*				
11. *Adesmia hystrix* Phil.	Varilla brava		*				
12. *Brachyclados lycioides* D.Don.	Macabeo				*		
13. *Chuquiraga oppositifolia* D.Don.	Margarita		*				
14. *Colliguaja integerrima* Gillies & Hook.	Colliguay argentino		*				
15. *Colliguaja odorifera* Molina.	Colliguay		*				
16. *Ephedra breana* Phil.	Pingo-pingo		*				
17. *Ephedra chilensis* C.Presl.	Pingo-pingo		*				
18. *Larrea nitida* Cav.	Jarilla		*				
19. *Fabiana imbricata* Ruiz & Pav.	Tola		*				
20. *Anisomeria coriacea* D.Don.	Pircún de la cordillera		*				
21. *Kageneckia angustifolia* D.Don.	Pulpica	*					
22. *Malesherbia paniculata* D.Don.	Flor de las laderas				*		
23. *Mutisia cana* Poepp.	Clavel del campo			*			
24. *Mutisia acerosa* Poepp. ex Less.	Romerillo		*				
25. *Krameria cistoidea* Hook. & Arn.	Pacul		*				
26. *Hoplopappus latifolius* (Phil.) Reiche.	Corontillo		*				
27. *Puya alpestris* (Poepp) Gay ssp alpestris.	Chaguar flor azul						*
28. *Echinopsis chiloensis* Colla	Quisco					*	
29. *Eriosyce aurata* (Pfeiff.)Backeb.	Sandillón					*	
30. *Cumulopuntia sphaerica* (C.F. Först.) E.F. Anderson	Gatito					*	
31. *Eriosyce curvispina* (Bertero ex Colla) Katt.	Cacto					*	
32. *Bridgesia incisifolia* Bert. Ex Cambess.	Rumpiato		*				
33. *Stipa pogonathera* É. Desv.	Coirón				*		
34. *Stipa chrysophylla Desv.*	Pajonal				*		
35. *Flourensia thurifera* (Molina) DC.	Incienso		*				
36. *Encelia canescens* Lam.	Coronilla del fraile		*				
37. *Cordia decandra Hooker et Arnott*	Carbonillo		*				
38. *Nardophyllum scoparium* Phil.	Nudillo		*				
39. *Schinus molle* L.	Pimiento	*					
40. *Cistanthe picta* (Gillies ex Arn.) Carolin ex Hershk.	Lenguilla				*		
41. *Cheilanthes mollis (Kunze) C. Presl.*	Doradilla				*		
42. *Solanum crispum Ruiz et Pav var lisgustrinum* (Lodd) *Dunal.*	Natri		*				
43. *Chorizanthe peduncularis* Benth.	Sanguinaria				*		
44. *Senna arnottiana* (Gillies ex Hook.) H.S. Irwin & Barneby).	Alcaparra		*				
45. *Prosopis chilensis* (Molina) Stuntz.	Algarrobo	*					
46. *Llagunoa glandulosa* (Hook.et. Arn) G.Don.	Atutemo		*				
47. *Calceolaria adscendens* Murr.	Capachito				*		
48 *Tropaeolum tricolor* Sweet.	Soldaditos			*			
49 *Leucoryne ixioides*(Sim)Lindl.	Azulillo				*		
50. *Diplolepis geminiflora* (Decne) Liede et Rapini	Azahar del quisco			*			
51. *Erodium cicutarium* (L) L”Herit.ex Aitón	Alfilerillo				*		
52. *Loasa longiseta.* Phil.	Ortiga				*		
53. *Gymnophyton isatidicarpum* (K.Presl ex DC.) Mathias & Constance	Bio-bio		*				

ANEXO 2

Fotos de algunas plantas melíferas



Foto Nº 1.- Prosopis chilensis (Molina) Stuntz. Algarrobo



Foto Nº 2.- *Escallonia angustifolia* J. Presl . Lunca



Foto Nº 3 .*Puya alpestris* (Poepp) Gay ssp alpestris. Chagual flor azul.



Foto Nº 4.- *Acacia caven* (Molina) Molina. Espino



Foto Nº 5.- *Adesmia argentea Meyen*. Varilla mansa



Foto Nº 6.- *Kageneckia angustifolia* D.Don. Pulpica

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 29, 2016. Páginas 67-71
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

PRIMEROS ANTECEDENTES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA FLORA VASCULAR DE LA QUEBRADA LA HOYADA, LAS CRUCES, REGIÓN DE VALPARAISO, CHILE.

Bastián Brito Yanque*

Resumen: Existen múltiples razones para asignarle a Chile Central la categoría de *hotspot* para la conservación de la biodiversidad mundial. Esto es, debido a que la región bajo régimen de clima mediterráneo propia de Chile Central se caracteriza por su riqueza de especies de plantas vasculares, por poseer alto grado de endemismo y un alto nivel de amenaza por el efecto de las actividades humanas. El objetivo de este trabajo es mostrar resultados sobre riqueza y composición de la flora de la Quebrada La Hoyada ubicada en el balneario de Las Cruces, provincia de San Antonio, Región de Valparaíso, en una zona dominada por el matorral xerofítico y el bosque esclerófilo característico de la vegetación de Chile Central. El muestreo se realizó en un área de 3 Km lineales, incluyendo las áreas urbanas, entre los meses de Febrero de 2014 y Marzo de 2015, muestreando en cada una de las estaciones del año. Los resultados muestran que la riqueza del área alcanza a 207 especies de plantas vasculares silvestres, de las que 92 son endémicas de Chile, 69 nativas no endémicas y 46 alóctonas asilvestradas. Estos resultados dan cuenta de una riqueza con un alto nivel de endemismo (57 % de las nativas), y una importante proporción de introducidas (22%), resultados que confirman el carácter de *hotspot* para la conservación regional. A esto se le suma la presencia de las siguientes especies en categoría de conservación: En Peligro: *Adiantum pearcei, Calydorea xyphioides,* Casi Amenazada*: Citronella mucronata, Myrceugenia rufa,* Vulnerable: *Neoporteria subgibbosa, Neoporteria curvispina, Phycella cyrtanthoides, Alstroemeria pulchra.*

Palabras clave: La Hoyada, *hotspot*, endemismo, comunidades vegetales, *Citronella mucronata.*

Abstract: There are many reasons to assign Central Chile the category of hotspot for conservation of global biodiversity. This is because this region, under Mediterranean climate, is characterized by species of vascular plants which have a high degree of endemism and a high level of threat, due to the effect of human activities. The main goal of this paper is to show results on richness and composition about flora in Quebrada La Hoyada, located in Las Cruces, province of San Antonio, Valparaíso Region, Chile; in an area dominated by xerophytic scrub and the sclerophyllous forest, typical vegetation of Central Chile. Sampling was conducted in an area of 3 linear km, including urban areas, from February 2014 to March 2015, sampling in each season. The results show that the wealth of the area amounted to 207 wild species of vascular plants, 92 are endemic to Chile, 69 non-endemic native and non-native feral 46. These results show a high level of endemism (57% of native) and introduced have a significant proportion (22%). These results confirm the nature hotspot for regional conservation. We have also the presence of the following species in conservation category: Endangered: *Adiantum pearcei*, *Calydorea xyphioides*, Near Threatened: *Citronella mucronata*, *Myrceugenia rufa*, Vulnerable: *Neoporteria subgibbosa*, *Neoporteria curvispina*, *Phycella cyrtanthoides*, *Alstroemeria pulchra*.

Keywords: La Hoyada, *hotspot*, endemism, plant communities, *Citronella mucronata.*

*Estudiante de pregrado de Ing. en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Viña del Mar, solbemol7@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de especies de plantas vasculares de las regiones con ecosistemas del tipo mediterráneo, tiene una significación que excede lejos a la pequeña área de espacio que ellos comprenden; estas regiones presentan unas 48.250 especies, cerca de un 20% del total mundial (Cowling, *et al.* 1996). En Chile central la riqueza de flora del área bajo clima de tipo mediterráneo alcanza a unas 2537 especies, de las que un 46,3%, son endémicas de Chile y 23,4%, endémicas del área mediterránea de Chile (Arroyo y Cavieres, 1997). La zona central de Chile, tiene una larga historia de ocupación humana, por lo que su paisaje, se encuentra intensamente alterado. Las regiones V-IX y Metropolitana soportan casi el 80% de la población humana y son las que, a su vez, presentan un mayor uso de tierras para la agricultura y plantaciones forestales. Esta combinación de alta riqueza, alto grado de endemismos regionales y alto impacto antrópico han llevado a la declaración de esta parte del país como un *hotspot* de conservación de la biodiversidad (Arroyo, *et al.* 1999).

Respecto al balneario de Las Cruces, conformado a fines del siglo XIX y principios del siglo XX con el surgimiento de los barrios Vaticano y Quirinal, se relaciona íntimamente con el soporte geográfico compuesto principalmente por la Quebrada La Hoyada y su desembocadura en la Playa Chica, elementos fundamentales y estructurantes en la forma de asentamiento de estos barrios. Más aún, la Quebrada La Hoyada con su curso de agua estacional formó la Playa Chica, arrastrando durante siglos arenas cuarzosas a esta playa de arenas blancas y de grano grueso. De acuerdo con Errázuriz (1979), en los bordes del estero y al interior de la quebrada abundaban canelos (*Drimys winteri*), inexistentes hoy en el área, y pataguas (*Crinodendron patagua*), con solo un ejemplar registrado. Estos y otros antecedentes han motivado a entidades gubernamentales y civiles para integrar a La Hoyada, como espacio natural, al polígono de protección en el marco de la declaratoria de Zona Típica y Pintoresca de Las Cruces.

MÉTODOS

Ubicación

Las Cruces (33° 29' 58" S – 71° 37' 95" O), se ubica en la Región de Valparaíso, en la provincia de San Antonio y es un balneario perteneciente a la comuna de El Tabo.

Clima

La Quebrada La Hoyada se encuentra en una región de clima de tipo mediterráneo semiárido (*sensu* Di Castri y Hayek, 1976) con un verano prolongado y seco y un invierno relativamente frío y húmedo. La precipitación media anual en la localidad de San Antonio, situada a unos 9 Km al sur, es de 441,3 mm. En cuanto a las temperaturas, este territorio posee una temperatura media anual de13.2 °C.

Área de estudio

Los límites del área de estudio corresponden a: por el norte a la Av. Las Cruces Norte; por el sur, al área urbana de Las Cruces; por el este, a la bifurcación del estero La Hoyada; por el oeste, a la Playa Chica (Playa Blanca) principal centro social de Las Cruces. El área de estudio posee una superficie total estimada de 3 Km lineales (Fig. 1).

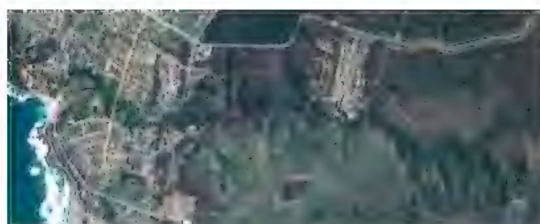


Fig. 1. Vista aérea de la Quebrada La Hoyada y el poblado de Las Cruces. De 0 a 130 m.s.n.m. Fuente: Google Earth

Métodos de flora

Este trabajo se llevó a cabo a partir del verano de 2014, visitando el área de estudio con una frecuencia de una vez por mes durante todas las estaciones del año, en las cuales se recolectaron y registraron fotográficamente las especies vegetales. El muestreo se realizó en diferentes tipos de ambientes que podrían considerarse como representativos del área de estudio, tales como fondos de quebrada, laderas de exposición norte (xerófitas) y sur (mésicas) y planicies.

Las plantas colectadas se herborizaron para su posterior clasificación e identificación. Para la determinación del material se contó además del autor, con la ayuda del botánico Dr. Profesor Jorge Redón Figueroa, profesional a cargo de la cátedra de Botánica en la Universidad Viña del Mar, de Carlos Medina profesor de biología de la Universidad de Chile, y del Director del Departamento de Horticultura del Jardín Botánico Nacional Patricio Novoa, así como también de la bibliografía especializada.

Para los nombres válidos actualizados seguimos principalmente a La Flora del Conosur (http://www2.darwin.edu.ar/proyectos/floraargentina/generos.asp). No obstante lo anterior, para el género *Puya* se siguió a Zizka, *et al*. (2009), para la familia Orchidaceae se siguió a Elortegui y Novoa (2009), para el género *Haplopappus* se siguió a Klinberger (2007), en el género *Alstroemeria* se siguió a M. Muñoz, *et al.* (2003) y para el género *Calceolaria* se siguió a Ehrhart (2000).

Las nomenclaturas de las especies, su nombre vulgar y su distribución geográfica siguen principalmente a Novoa (2014), al igual que el origen geográfico.

Las especies en categoría de conservación corresponden a las descritas por Benoit (1989) en los listados oficiales del Libro Rojo de la Flora terrestre de Chile, al Boletín 47 del MNHN y a las sucesivas clasificaciones oficiales del Ministerio Secretaría General de Gobierno (Procesos 1-8 y sus respectivos decretos).

RESULTADOS

Riqueza de la flora

El número de especies de plantas vasculares encontradas en la zona de estudio fue de 207. Se realizó una lista de ellas mostrando, nombre científico, familia, nombre común, origen geográfico y categoría de conservación cuando la había.

Origen Geográfico

En relación con el origen geográfico, 161 especies son nativas, en tanto que 46 (22%), alóctonas asilvestradas; de las nativas, 92 (57,1%) son endémicas de Chile y 69, nativas no endémicas.

Especies en categoría de conservación

El número de especies en alguna categoría de conservación alcanza a 17, de las cuales 10 se encuentran en alguna categoría de amenaza. Los casos más destacables corresponden a *Citronella mucronata*, especie Casi Amenazada que, junto a *Myrceugenia correifolia* se distribuyen en el litoral donde las neblinas marinas producen suficiente humedad y temperaturas cálidas que proveen condiciones óptimas para su crecimiento, en contraste con *Myrceugenia rufa* arbusto endémico restringido a áreas costeras xerófitas de la IV y la V región, presentando una distribución fragmentada y muchas subpoblaciones amenazadas por la expansión urbana (Landrum 1981, 1988; Hechenleitner, *et al.* 2005).

Neoporteria subgibbosa, cactácea muy coleccionada, cuya disminución se debe en gran medida a que son arrancadas de su medio para utilizarlas en jardines particulares. Otra cactácea amenazada es *Neoporteria curvispina*, encontrándose tan solo un ejemplar en el área. Otras especies amenazadas importantes en el área son *Adiantum pearcei, Alstroemeria pulchra*, *Phycella cyrtanthoides, Puya chilensis y Calydorea xyphioides*, siendo esta última una especie provista de bulbo, cuyas poblaciones se ven bastante impactadas por crecer frecuentemente en sitios muy transitados (Teillier, *et al.*, 2012).

Géneros Endémicos

Una serie de géneros representados en la Quebrada La Hoyada son endémicos del territorio chileno, varios de ellos raros y mono o biespecíficos. Este es el caso de los géneros *Adenopeltis* (monotípíco), *Aextoxicon* (monotípíco), *Podanthus* (2 especies), *Peumus* (monotípíco), *Calydorea* (2 especies), *Conanthera* (monotípíco), *Notanthera* (monotípíco), *Tecophilaea* (2 especies) y *Trichopetalum* (monotípíco).

Formaciones Vegetacionales: Hábitats y Comunidades

Las condiciones sombrías y húmedas (mésicas) de la ladera de exposición sur posibilitan la existencia de un interesante tipo forestal entre cuyos rasgos más importantes destaca la mezcla entre el "elemento de bosque esclerófilo" (de hoja dura), propio de la región con clima mediterráneo de Chile Central, con el "elemento de bosque relictual", más higrófilo (Carolina Villagrán, 2003). Entre las especies esclerófilas destacan el peumo (*Cryptocarya alba)*, el boldo (*Peumus boldus)*, el litre (*Lithraea caustica)*, el molle (*Schinus latifolius)*, el maqui (*Aristotelia chilensis)*, el espino chauchao (*Rhaphithamnus spinosus)*, el naranjillo (*Citronella mucronata)* y el corontillo (*Escallonia pulverulenta)*. Entre las especies relictuales destacan árboles como el olivillo (*Aextoxicon punctatum) y* la petrilla (*Myrceugenia correifolia).* Varios arbustos y enredaderas se asocian al sotobosque como, *Myochilos oblonga, Adenopeltis serrata* y *Aristeguietia salvia.* Entre las enredaderas destacan *Bomarea salsilla, Tropaeolum spp, Diplolepis menziesii* y *Cissus striata.* En la cubierta del suelo abundan helechos del género *Adiantum*, así como también especies de hepáticas y musgos, hongos y líquenes.

En contraste, en la ladera de exposición norte (xerófita) se desarrolla un matorral dominado por especies de arbustos deciduos y algunos elementos del bosque esclerófilo propios de laderas xerófitas tales como, el arrayán de hoja roja (*Myrceugenia rufa*), el huingán (*Schinus polygamus),* el quebracho (*Senna candolleana*) y el bollén (*Kageneckia oblonga*). Dentro del matorral dominado por arbustos deciduos destacan el romerillo (*Baccharis linearis*), el cacho de cabra (*Haplopappus foliosus*), el chagual (*Puya chilensis*) y el tevo (*Retanilla trinervia*). Cabe destacar también a una interesante comunidad de cactáceas globulares ubicada en esta ladera norte y que está dominada por el quisquito rosado (*Neoporteria subgibbosa*), muy abundante en el área. En los claros crece una abundante flora herbácea primaveral, destacando una serie de especies de bulbosas de monocotiledóneas, muchas de ellas pertenecientes a géneros endémicos, como *Tecophilaea*, *Calydorea yTrichopetalum,* así como otras endémicas, como *Phycella cyrtanthoides, Conanthera spp, Oxalis spp y Calceolaria spp.* Cabe destacar también a una interesante comunidad de orquídeas endémicas de Chile habitando estos claros y floreciendo en la época de otoño y primavera, las cuales destacan por su abundancia y bella forma. Entre ellas están la flor del bigote (*Bipinnula fimbriata*), *Gavilea longibracteata y Chloraea bletioides.*

Comunidades de fondo de quebrada

Otras de las comunidades vegetales propias de La Hoyada corresponden al cinturón de matorral ribereño y a la vegetación herbácea palustre y acuática del fondo de esta quebrada. Varias especies arbóreas de Mirtáceas prefieren estos hábitats, como el arrayán blanco (*Luma chequen)* y la petra (*Myrceugenia exsucca).* Su predilección por sitios bajos, con humedad edáfica, determinan una distribución discontinua de estas especies de Mirtáceas en Chile Central, muchas de ellas raras y en precario estado de conservación (Villagrán, *et al.* 2003). Entre estas zonas destacan asociaciones a lo largo del curso de agua en el cual habitan la nalca (*Gunnera tinctoria*), helechos como la costilla de vaca (*Blechnum chilense*), *Blechnum hastatum, Cystopteris fragilis* y la hierba de la plata (*Equisetum bogotense).* Muy abundantes también son *Azolla filiculoides* y *Selliera radicans,* y menos abundantes la Ciperácea *Cyperus eragrostis* y la totora (*Thypa dominguensis*).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Origen Geográfico

El número de especies endémicas de Chile alcanza a un 57,6% de las nativas, lo que confirma el alto grado de endemismo de la flora de Chile central, en este caso, en la subregión del Bosque Esclerófilo (Gajardo, 1994).

La flora vascular de La Hoyada presenta un porcentaje de alóctonas asilvestradas mayor que el de la flora vascular de Chile (Marticorena, 1990), 22% contra un 11,44%; el porcentaje de alóctonas asilvestradas sobrepasa incluso al de la flora de la cuenca de Santiago, 26% (Navas, 1975), lo que da cuenta de un importante grado de perturbación en el área de estudio.

Especies en categoría de amenaza

Se registraron diez especies clasificadas en diversas categorías de amenaza: *Adiantum pearcei*, *Calydorea xyphioides*, en peligro; *Alstroemeria pulchra*, *Neoporteria subgibbosa*, *Neoporteria curvispina*, *Phycella cyrtanthoides*, vulnerables; *Citronella mucronata*, *Myrceugenia correifolia*, *Myrceugenia rufa*, Casi Amenazadas.

Servicios Ecosistémicos: Potencial Educacional y Recreativo

La variable Medio Ambiente define todas y cada una de las circunstancias que posibilitan al ser humano como ser social y cultural, definiendo también su estructura económica. Es preciso entender, entonces, el importante potencial que posee la Quebrada La Hoyada en materia de desarrollo humano, desde el momento en que existe una valoración por parte de la comunidad.

La Hoyada posee, entre otras cosas, un importante potencial educacional, imprescindible para la formación socio-ambiental de los niños y jóvenes de nuestras escuelas, para lo cual es necesario incorporar esta dimensión a los currículos escolares siendo, lo que se pretende lograr, una nueva concepción de cultura socio-ambiental y un desarrollo en el aprendizaje de las comunidades en torno al medio ambiente, que favorezcan la transformación de los propios espacios locales.

Por otro lado el potencial recreativo es un elemento de gran valoración social, ya que conlleva a la conjugación de un sistema de motivaciones, intereses, necesidades y orientaciones valóricas, que se relacionan con los valores humanísticos de las actividades recreativas, en el sentido de que a través de su práctica no solo se expresa placer, aventura,

descanso o sencillamente una distracción, sino porque se transforma además en una manifestación de la estética, la moralidad, la comunicación y el entendimiento humano y del medio ambiente.

La posibilidad de ser seres vivos humanos, está dada principalmente por la existencia de fuentes cíclicas proveedoras de los recursos sin los cuales el hombre (*Homo sapiens sapiens*), no podría existir. Es bien sabido que en poblados como Las Cruces, sea este un lugar para el descanso, la apacibilidad y el recogimiento, la calidad de vida aumenta y se vive más y mejor. Esto debido principalmente a que la presencia de ecosistemas naturales provee lo esencial para desarrollar una vida plena.

La realidad de la Quebrada La Hoyada no escapa a estas características puesto que allí surgen continuamente los intercambios y transformaciones de materia y energía, hoy llamados Servicios Ecosistémicos, que se traducen en recursos y elementos de vital importancia para lo vivo.

REFERENCIAS

Arroyo, M. y Cavieres, L. 1997. The Mediterranean type-climate flora of Central Chile. What do weassure its protection?. Noticiero de Biología 5 (2): 48-56.

Arroyo, M., Rozzi, R., Simonetti, J., *et al*. 1999. Central Chile. En: Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecosystems. (Mittermeier, R.). México: Cemex, 161-171 pp.

Di Castri, F. y Hajek, E. 1976. Bioclimatología de Chile. Santiago: Editorial Universidad Católica, 128 p.

Dirección Meteorológica de Chile, Disponible en: http://www.meteochile.gob.cl/.

Elórtegui, S. y Novoa, P. 2009. Orquídeas de la Región de Valparaíso. Viña del Mar: Taller La Era, 82 p.

Errázuriz, P. 1979. Las Cruces, Una Memoria Familiar. Geografía, Historia y Anécdotas de la Capital de la Comuna de El Tabo, 200 p.

Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Santiago: Editorial Universitaria, 165 p.

Hoffmann, A. 1982. Flora Silvestre de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Santiago: Editorial Universitaria.

Lund, R. y Teillier, S. 2012. Flora vascular de Los Molles, Región de Valparaíso, Chile. Chloris Chilensis 15(2). Disponible en: http://www.chlorischile.cl.

Marticorena, A., Alarcón, D., Abello, L y Atala, C. 2010. Plantas trepadoras, epífitas y parásitas nativas de Chile. Guía de Campo. Concepción: Corporación Chile de la Madera, 291 p.

Marticorena, C. y Quezada, M. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 42(1-2): 1-157.

Ministerio de Educación. 2015. Decreto Supremo N° 110, publicado en el Diario Oficial el 25 de marzo de 2015.

Ministerio Secretaría General de La Presidencia (Segpres). 2007. Decreto Supremo N° 151, promulgado el 6 de diciembre de 2006, publicado en el Diario Oficial el 24 de marzo de 2007.

Ministerio Secretaría General de La Presidencia (Segpres). 2008. Decreto Supremo N° 50, promulgado el 24 de abril de 2008, publicado en el Diario Oficial el 30 de junio de 2008.

Ministerio Secretaría General de La Presidencia (Segpres). 2007. Decreto Supremo N° 51, promulgado el 24 de abril de 2008, publicado en el Diario Oficial el 30 de junio de 2008.

Ministerio Secretaría General de La Presidencia (Segpres). 2007. Decreto Supremo N° 23, promulgado el 3 de marzo de 2009, publicado en el Diario Oficial el 7 de mayo de 2009.

Ministerio Secretaría General de La Presidencia (Segpres). 2007. Decreto Supremo N° 33, promulgado el 7 de septiembre de 2011, publicado en el Diario Oficial el 27 de febrero de 2012.

Ministerio Secretaría General de La Presidencia (Segpres). 2007. Decreto Supremo N° 41, promulgado el 30 de noviembre de 2011, publicado en el Diario Oficial el 11 de abril de 2012.

Ministerio Secretaría General de La Presidencia (Segpres). 2007. Decreto Supremo N° 42, promulgado el 30 de noviembre de 2011, publicado en el Diario Oficial el 11 de abril de 2012.

Ministerio Secretaría General de La Presidencia (Segpres). 2007. Decreto Supremo N° 42, promulgado el 26 de junio de 2012, publicado en el Diario Oficial el 11 de febrero de 2013.

Navas, L. 1973-1979. Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Santiago: Ed. Universitaria.

Perez, C. y Villagrán, C. 1985. Distribución de abundancia de especies en bosques relictos de la zona mediterránea de Chile. Revista Chilena de Historia Natural (58): 157-170.

Riedemann, P. y Aldunate, G. 2003. Flora Nativa de Valor Ornamental. Identificación y Propagación. Chile Zona Centro. Santiago: Ed. Andrés Bello, 516 p.

Rodríguez, R., Alarcón, D. y Espejo, J. 2009. Helechos Nativos del Centro y Sur de Chile. Guía de Campo. Concepción: Corporación Chilena de la Madera, 212 p.

ANALES
DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 29, 2016. Páginas 72-73
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

UNA LAGARTIJA LLEGA A CHILE EN TRANSPORTE PASIVO

Franklin Troncoso Fierro*

Resumen: Se da a conocer la captura de un ejemplar de lagartija de la especie *Anolis sagrei*, llegada a Chile en una embarcación marítima, dentro de un container el que traía productos de importación procedente de Estados Unidos y que arribó al Puerto de Coronel, Región del Biobío.

Palabras Claves: Embarcación, Container, Región del Biobío, Captura.

Abstract: It is disclosed catching a the species *Anolis sagrei*, arrival in Chile on a seagoing vessel, inside a container which carried goods imported from the United States and arrived in the port of Coronel, Bio bío Region.

Keywords: Vessel, Container, Biobío Region, Capture.

INTRODUCCIÓN

El Servicio Agrícola y Ganadero SAG región del Biobío, durante el mes de Enero del presente año, tuvo a cargo inspeccionar una embarcación marítima procedente de Estados Unidos con diversos containers que traía productos de importación y que llego al Puerto de Coronel región del Biobío, dentro de su labor de inspección y de fiscalización de la embarcación los funcionarios del SAG encontraron un reptil vivo, pero no sabían su procedencia si este ejemplar había ingresado a los container o venia junto con los productos de importación, los inspectores capturaron dicho ejemplar y lo trasladaron al Museo de Historia Natural de Concepción, con los antecedentes que corresponde de su fiscalización, allí fue recepcionado por el biólogo del Museo conforme a las normas establecidas, luego se inicio la tarea de saber a qué especie correspondería, para lo cual se tomo contacto con el herpetólogo del Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, Herman Nuñez C. al que se le hicieron llegar un set de fotografías la que finalmente dio por resultado que se trataba de la especie llamada Anolis sagrei de origen Americano.

Distribución geográfica de *Anolis sagrei*. Estados Unidos, México, Bahamas, Cuba, El Caribe.

MATERIALES Y METODOS

Se estudian las características más relevantes de la citada lagartija *Anolis sagrei*, el cual se mantiene vivo en un terrario, a temperatura de 18 a 20 °C, el espécimen de tamaño long. total 15.0 cm, long. del cuerpo 7.0 cm, long. cola 8.0 cm, también se observan algunas conductas como sus desplazamientos se le ve recorriendo por todo el entorno lo hace con mucha facilidad, cambia el tono de sus colores de café oscuro a café más claro, busca lugares de refugios bajo piedras, tiene una mirada muy sigilosa de quienes lo observan para esconderse o huir y poder refugiarse en algún lugar más seguro, pero siempre mirando en forma directa a sus observadores sin perderlos de vista.

*Museo de Historia Natural de Concepción, Casilla N° 1054 Concepción – Chile. Correo Electrónico: ftroncosofierro@gmail.com



Fig. 1: Foto reptil en vista dorsal.



Fig. 2: Foto reptil en vista dorsal



Fig. 3: Foto reptil en vista lateral

RESULTADOS

El citado ejemplar Anolis sagrei de origen americano, se caracteriza por la presencia de una papada ubicada bajo el cuello, la que se distingue muy claramente, también la forma de su rostro y su frente en la que se destacan dos estructuras óseas ubicadas alrededor de las orbitas oculares muy desarrolladas, el hocico es corto muy característico, sus patas con la presencia de garras largas y evidentes, la cola muy larga.

DISCUSIÓN

Anolis sagrei es una lagartija cuyos caracteres son las siguientes: Coloración café oscuro a café más claro, con una línea dorsal de color blanco y líneas laterales de color café claro, con una papada bajo su garganta, su hocico es corto, sus patas con garras pequeñas, su cola es larga.

CONCLUSIÓN

La especie Anolis sagrei es de hábitos diurnos, no se encuentra distribuido ni registrado para Sudamérica, sus áreas de distribución son América del Norte y Centroamérica, por tal motivo no se conocen conductas ni hábitos con relación a este ambiente natural y como podría ser su comportamiento con las especies propias de Chile, de tal manera entonces que habría que tener un sumo cuidado si se quiere introducir dicha especie para poder compartir los mismos hábitat con nuestra fauna de herpetozoos, pero mientras no se conozcan muchos de sus caracteres se deberá mantener en cautiverio y seguir estudiando sus conductas, hábitos y comportamientos para esta especie en particular, la cual ha llegado a Chile a través de transporte pasivo desde Estado Unidos.

AGRADECIMIENTOS

A Herman Nuñez C. Herpetólogo del Museo Nacional de Historia Natural – Santiago por su valiosa colaboración para identificar el citado ejemplar, a Roxana Torres R, encargada del archivo fotográfico del Museo de Historia Natural de Concepción por su trabajo de fotografías, al Personal del SAG por su atenta donación y entrega del citado ejemplar en su labor de fiscalización.

REFERENCIAS

Álvarez, J, Medellín, R., Gómez de Silva, H. y Oliveras, A. 2005. Anolis sagrei. Vertebrados superiores. Exóticos en México Bases de datos SNIB –Proyecto U020 México D.F.: CONABIO.

Campbell, T. 2002. The Brown Anole (Anolis sagrei Dumeril and Bibron 1837) The Institute for Biological Invasions: The Invader of the Month.

Flores, O., Villela, C. y Márquez, L. 2004. Nuevas especies y cambios Taxonómicos para la herpetofauna de México. Actas Zool. Mex. (online) 20 (2):115-144.

Ocho Ochoa, L.M.Y O. Flores Villela. 2006 Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana UNAM – CONABIO, México, D.F.: 221 pp.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO | Volumen 29, 2016. Páginas 74-88
Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso

LA FLOTA DE LA COMPAÑÍA CHILENA DE BALLENEROS DE VALPARAÍSO (1871-1917)

Daniel Quiroz*

Resumen: La Compañía Chilena de Balleneros de Valparaíso es una empresa ballenera que operará ininterrumpidamente frente a las costas sudamericanas entre los años 1871 y 1917. En este trabajo nos interesa mostrar la historia y las características técnicas de la flota de buques que usó la compañía para desarrollar una forma de caza de ballenas, de naturaleza pelágica, en dicho período a partir de la información fragmentaria disponible. La Compañía Chilena de Balleneros utiliza doce veleros en su casi medio siglo de existencia.

Palabras claves: caza de ballenas, flota ballenera, Valparaíso, Compañía Chilena de Balleneros.

Abstract: Compañía Chilena de Balleneros, from Valparaiso, is a whaling company that will operate continuously off the South American coast between 1871 and 1917. In this paper we want to show the history and technical characteristics of the fleet of ships used the company to develop in that period a model of whaling of pelagic nature, from the fragmentary information available. Compañía Chilena de Balleneros utilizes twelve sailing ship in its almost half century of whaling operations.

Key words: whaling, whaling fleet, Valparaíso, Compañía Chilena de Balleneros.

INTRODUCCIÓN

Los balleneros que estaban cazando ballenas francas, jorobadas y cachalotes en el Atlántico sur, a fines del siglo XVIII, ingresan al Pacífico en 1789 (Creighton, 1995: 19-21). Pereira Salas (1971: 43) indica que el año 1792 "marca la apertura del ciclo ballenero, audaz y renovador", en las costas pacíficas, al estar operando casi cuarenta navíos frente a las costas de Chile. Los principales tipos de buques que utilizaron los balleneros para transportarse a los lugares de cacería en las costas del Pacífico corresponden a barcas y navíos, de 250 a 400 toneladas, pero también se usaron, aunque en menor medida, bergantines y goletas, de 120 a 250 toneladas (Davis, *et al.*, 1997). La goleta tenía dos o más mástiles con aparejo de velas dispuestas en el palo siguiendo una línea de proa a popa, en vez de estar montadas en vergas transversales como las velas cuadradas. Un bergantín tenía dos mástiles con todo su aparejo formado por velas cuadradas. Una barca era un buque de tres o más mástiles, con aparejo de velas cuadradas, excepto la que se encuentra más a popa que sigue una línea de proa a popa. Los navíos tenían, al menos, tres mástiles, todos aparejados con velas cuadradas (Anderson y Anderson, 2003).

*Antropólogo, Doctor en Historia, Centro de Documentación de Bienes Patrimoniales, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos. Recoleta 683, Recoleta, Santiago. daniel.quiroz@museosdibam.cl

Los veleros llevaban a bordo entre tres y cinco botes. Cuando se divisaba una ballena, los botes eran bajados y utilizados en la caza. Estaban tripulados por seis personas, un timonel en la popa, cuatro remeros y un arponero en la proa. Desde el bote el arponero lanzaba, desde muy corta distancia, uno o más arpones contra la ballena. Herida, remolcaba los botes balleneros en su huida. Cuando se cansaba era muerta por el timonel que manejaba hábilmente una lanza que hundía en alguno de los órganos vitales de la ballena. Era llevada a un costado del velero, donde era descuartizada. La grasa era retirada y subida a bordo mediante poleas. En el velero la grasa era transformada en aceite mediante el uso de los hornos instalados a bordo. Estos hornos eran una gran innovación pues permitía transferir el proceso de transformación de la grasa de la ballena en aceite desde instalaciones costeras a la cubierta de un buque. El aceite, finalmente, se almacenaba a bordo en barriles (Davis, *et al.*, 1997: 36). Este procedimiento permitió mejorar la calidad del aceite al procesar la grasa de la ballena de inmediato y también facilitó las expediciones de larga distancia, características en este tipo de cacería, que duraban entre tres y cuatro años (Ellis, 2002).

Las tripulaciones eran de muy diverso origen: "nunca se había juntado un grupo tan heterogéneo de hombres en un espacio tan pequeño, como el que se encontraba en la cubierta de un ballenero de New Bedford" (Brown, 1887: 218). El número de tripulantes oscilaba entre unos 20 a 30 hombres, dependiendo de la cantidad de botes que transportaban.

Este tipo de operaciones se conocen como "caza pelágica yanqui" pues la mayor parte de los capitales, el conocimiento tecnológico y la mano de obra especializada provenían de Nueva Inglaterra, en los Estados Unidos (Reeves y Smith, 1996). En 1846 algo más del 72% de la flota ballenera mundial estaba registrada en Estados Unidos (Clark, 1887:192) y muchos de los buques que navegaban bajo otras banderas, inglesas, francesas, alemanas, tenían capitanes norteamericanos y eran financiados, al menos parcialmente, con capitales provenientes de los Estados Unidos (Du Pasquier, 1982).

La caza pelágica yanqui decae progresivamente en la segunda mitad del siglo XIX oportunidad que aprovecharán distintos comerciantes chilenos y extranjeros radicados en el país para desarrollar algunos emprendimientos balleneros, principalmente en los puertos de Talcahuano y Valparaíso (Quiroz, 2015: 2-5).

Operarán con veleros de segunda mano, algunos ya adaptados para la caza de ballenas y otros que serán equipados en los mismos puertos chilenos. Los veleros eran estadounidenses o ingleses, lo mismo que sus capitanes y oficiales, pero una parte importante de la tripulación, principalmente la marinería, estaba formada por chilenos con alguna experiencia ballenera al haber estado embarcados en los buques extranjeros. En el informe anual sobre la actividad ballenera mundial de 1867, refiriéndose a la flota chilena, se dice que "el último año ha aumentado considerablemente, pues la flota ballenera alcanza ahora los 16 veleros empeñados en la caza de ballenas en la costa occidental de Sudamérica"[1]. Sobresale entre estos emprendimientos, por su relevancia y permanencia, la Compañía Chilena de Balleneros de Valparaíso, empresa que opera ininterrumpidamente entre los años 1871 y 1917. En este trabajo nos interesa mostrar la historia y las características técnicas de la flota de veleros que usó la compañía para desarrollar la caza de ballenas en las costas del Océano Pacífico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caza pelágica de ballenas deja de practicarse desde el puerto de Valparaíso en 1917 (Quiroz, 2015), por lo que nuestro acceso a ella depende de algunos "recortes", fragmentos documentales depositados en bibliotecas y archivos tanto del país como del extranjero.

La base de datos, técnica e histórica, sobre los buques está en los registros de naves que se publicaban periódicamente en los Estados Unidos, el Reino Unido y Chile. Para los datos sobre la historia y características de los buques antes de su llegada a Chile, se utilizaron el *American Lloyd's Register of American and Foreign Shipping* (Estados Unidos) y el *Lloyd's Register of British and Foreign Shipping* (Reino Unido), pero, sin duda, el más importante, por la cantidad de información que contiene, es el *Ship Registers of New Bedford, Massachusetts* (1940). Para los datos de los buques en Chile se usaron los *Estados de la Marina Mercante Nacional,* publicados todos los años en las Memorias del Ministerio de Marina (1871-1917) y los registros inéditos de naves que se encuentran depositados en el Archivo Histórico Nacional, en Santiago (1867-1885) y en la Dirección de Territorio Marítimo y Marina Mercante de la Armada de Chile, en Valparaíso (1886-1925).

[1] *Whalement's Shipping List* (New Bedford, MA), 14 de enero de 1868.

La información fue complementada con datos sobre movimientos de buques provenientes de periódicos extranjeros como *New York Times*, *New York Evening Post* y *New York Herald*, de Nueva York; *Boston Daily Atlas, de* Boston; *Daily Alta California* y *Morning Call*, de San Francisco; *Star & Herald* y *La Estrella*, de Panamá; *La Gaceta* de San José, Costa Rica; *The London Gazzette*, de Londres; y principalmente del *Whalement's Shipping List, de* New Bedford. Entre los diarios nacionales fueron muy útiles *La Patria*, *El Mercurio*, *Valparaíso & West Coast Mail* y *Chilean Times*, todos de Valparaíso. Elaboramos una ficha por cada uno de los buques que reuniera una serie de datos como nombres anteriores, fecha de construcción, nombre del constructor, tonelaje, medidas, propietarios, funcionalidad (ballenero, otro), fecha de adquisición y llegada a Chile, fecha de ingreso en el Registro de la Marina Mercante Nacional [RMMN], expediciones balleneras, capitanes, nuevos propietarios, destino final (naufragio, desguace, etc.). Con estos datos construimos un breve relato que da cuenta de la historia particular de cada buque.

RESULTADOS

Valparaíso, a mediados del siglo XIX, se había insertado de una manera ejemplar "en el proceso capitalista global", consolidándose como un "gran centro mercantil y financiero del país" y concentrando "un importante número de las emergentes sociedades anónimas destinadas a la formación de nuevos capitales y a su inversión en diferentes actividades de la economía nacional" (Cavieres, 1999: 139). En 1867 se registran tres buques balleneros con matrícula en Valparaíso: la goleta ANITA ex ATLANTIC y las barcas MARIPOSA ex MESSENGER y PESCADORA ex RELEASE[2].

Entre 1868 y 1871 se agregan a la flota porteña otros buques: MAGGIE HILL, ex HAMILTON[3]; VIRGINIA MARKS, ex BIRD OF THE WAVE[4] y GRACE MARKS, ex B. COLCORD[5]. El crecimiento de la flota era un índice del aparente éxito de la industria ballenera y las expectativas generadas ante la posibilidad de obtener grandes ganancias, conduce a algunos comerciantes de origen anglo estadounidense a iniciar en 1870 los primeros pasos que permitan "formar una compañía" para la caza de ballenas[6].

La Compañía Chilena de Balleneros

El 8 de agosto de 1871 concurren ante el notario de Valparaíso un grupo de "señores comerciantes de este domicilio", quiénes "han convenido en formar una sociedad anónima con el título de Compañía Chilena de Balleneros, con un capital de doscientos mil pesos, con asiento en esta ciudad, para la explotación de todo lo relativo a los trabajos de ballenas i de este ramo de industria", facultando a su Directorio "para la organización i redacción de sus estatutos sociales"[7]. Los estatutos son reducidos a escritura pública ante el mismo notario el 17 de agosto de 1871[8], aprobados por el Gobierno de Chile el 6 de septiembre de 1871[9] y luego se la declara legalmente instalada, fijando el día 15 de octubre de 1871 "para que pueda dar principio a sus operaciones"[10]. La formación de la compañía es recogida, como una noticia, incluso por algunos periódicos extranjeros[11]. Dichos estatutos señalan en su artículo 1° que "se forma una sociedad anónima que se denominará Compañía Chilena de Balleneros, cuyo objeto es la pesca de la ballena i las demás operaciones accesorias a esta industria". El artículo 2° dice que "el domicilio de la dirección y administración de la sociedad será el puerto de Valparaíso". El artículo 4° señala que "el capital social será de doscientos mil pesos, divididos en cuatrocientas acciones de quinientos pesos de valor cada una"[12].

[2] Estado Jeneral de la Marina Mercante Nacional el 1° de junio de 1867. *Memoria del Ministerio de Marina, 1867*. Santiago: Imprenta Nacional.

[3] Estado de la Marina Mercante Nacional el 1° de abril de 1869. *Memoria del Ministerio de Marina, 1869*. Santiago: Imprenta Nacional.

[4] Estado de la Marina Mercante Nacional el 1° de mayo de 1871. *Memoria del Ministerio de Marina, 1871*. Santiago: Imprenta Nacional.

[5] Estado de la Marina Mercante Nacional el 1° de mayo de 1872. *Memoria del Ministerio de Marina, 1872*. Santiago: Imprenta Nacional.

[6] Estos "empresarios" eranI. H. Marks, G. Petersen, G. Jenkins, S. Wallace y G. MacNeil, *The Standard* (Buenos Aires) 29 de abril de 1870.

[7] Escritura Pública N° 206, 8 de agosto de 1871. Notarios de Valparaíso [Julio César Escala], Vol. 166, fs. 128v-129. *Archivo Nacional*, Santiago de Chile.

[8] Escritura Pública N° 283, 17 de agosto de 1871. Notarios de Valparaíso [Julio César Escala], Vol. 166, fs. 171-174. *Archivo Nacional*, Santiago de Chile.

[9] Decreto Supremo del Ministerio de Hacienda del 6 de septiembre de 1871. *Boletín de Leyes i Decretos de Gobierno*, XXXIX (9): 333-334, 1871.

[10] Decreto Supremo del Ministerio de Hacienda del 11 de octubre de 1871. *Boletín de Leyes i Decretos de Gobierno*, XXXIX (10): 387, 1871.

[11] "The Chilian Whaling Company has been declared legally incorporated. The capital with which the company is commerce operations is $ 50,000 and the reserve fund is fixed at $15,000". *Daily Alta California* (San Francisco), 28 de octubre de 1871.

[12] Estatutos de la Compañía Chilena de Balleneros. *Boletín de Leyes i Decretos de Gobierno*, XXXIX (9): 328, 1871.

La primera directiva de la empresa estuvo formada por los socios Jorge Jenkins, presidente, Santiago Martin, secretario, Luis Osthaus, Santiago MacGill e Isaac H. Marks, directores. I. H. Marks asume, además, el cargo de administrador general o gerente de la Compañía Chilena de Balleneros[13]. La compañía tiene sus oficinas en calle Cochrane N° 115 y sus bodegas en Caleta Las Habas, en el puerto de Valparaíso[14]. En la empresa participa originalmente un grupo de 32 accionistas, comerciantes estadounidenses e ingleses radicados en Valparaíso, que poseen un total de 340 acciones de las 400 proyectadas.

La Compañía Chilena de Balleneros era una sociedad anónima[15] que buscaba incorporarse a un comercio ballenero internacional que se encontraba en crisis debido a la aparición de importantes substitutos del aceite de ballena en el mercado mundial y que muchos de los antiguos actores mundiales de relevancia se habían comprometido en los negocios emergentes. La empresa operará en forma continua, con altos y bajos, durante más de 45 años, utilizando durante este período un total de doce buques. Tenemos algunas referencias sobre la breve participación de las barcas SAMUEL & THOMAS y NARCISA, pero no serán consideradas en este trabajo pues su permanencia en la compañía es menor a los tres años.

La formación de la flota

El 12 de agosto de 1871 un grupo de accionistas de la Compañía Chilena de Balleneros[16], proceden a pagar el 75% del valor de las 228 acciones que en conjunto poseen[17], con las partes, "casco, quilla, velamen, anclas, aparejos, útiles de pesca, provisiones de viaje por un año, adelantos a la tripulación por el mismo tiempo" que les corresponde[18] en los siguientes buques: PESCADORA, MARIPOSA, GRACE MARKS, VIRGINIA MARKS, MAGGIE HILL y CHARLES & EDWARD, valorizadas en "ciento diez i nueve mil pesos". En esta escritura "transfieren a la referida Compañía Chilena de Balleneros todos los derechos que respectivamente correspondan a los socios en los buques i enseres ya expresados"[19]. La Compañía Chilena de Balleneros, además, adquiere la barca MARY, de Talcahuano, que llega el 21 de agosto de 1871 a Valparaíso para integrarse a la flota de la empresa[20]. Estos siete buques, PESCADORA, MARIPOSA, CHARLES & EDWARD, VIRGINIA MARKS, GRACE MARKS, MAGGIE HILL y MARY[21], que ya estaban cazando ballenas bajo bandera chilena desde antes de la formación de la empresa, constituyen la flota con la que inicia sus actividades la Compañía Chilena de Balleneros[22].

La flota disminuye radicalmente durante la segunda mitad de la década de los 70. De los siete buques con los que la Compañía Chilena de Balleneros había comenzado a operar en 1871, sólo el GRACE MARKS quedaba en 1880. El otro buque de la empresa era el JANE MARTIN, comprado en 1878 a José Manuel Andrade, comerciante de Ancud[23], como reemplazo del MARIPOSA y equipado ese mismo año para la caza de ballenas.

[13] Memoria que presenta el Directorio de la Compañía Chilena de Balleneros en la Primera Junta Jeneral de accionistas, 30 de diciembre de 1871. *La Patria* (Valparaíso), 5 de marzo de 1872.

[14] *El Mercurio* (Valparaíso), 6 de julio de 1872.

[15] Las sociedades anónimas de la época se regían por una ley publicada el 8 de noviembre de 1854 (ver *El Araucano* [Santiago], 8 de noviembre de 1854). Según lo dispuesto por esta ley y por el Código de Comercio de 1865, se requería de la dictación de dos decretos presidenciales: uno de autorización de existencia y otro de declaración de estar legalmente instalada, exigiéndose como solemnidad la escritura pública, su inscripción en el Registro de Comercio y la publicación en un periódico departamental del decreto de autorización (Brahm, 1997).

[16] Entre estos accionistas se contaban Isaac H. Marks, Santiago Martin, Guillermo Petersen, José Burnside, John H. Dealy, Guillermo H. MacNeil, Samuel Wallace y Jorge Jenkins.

[17] De acuerdo a lo que obligaba el artículo quinto de los estatutos de la empresa. Estatutos de la Compañía Chilena de Balleneros. *Boletín de Leyes i Decretos de Gobierno*, XXXIX (9): 328, 1871.

[18] No tenemos datos concretos que nos permitan conocer el tamaño de la "parte" que le corresponde a cada propietario en cada buque.

[19] Escritura Pública N° 294, 18 de agosto de 1871. Notarios de Valparaíso [Julio César Escala], Vol. 166, fs. 179v-180. *Archivo Nacional*, Santiago de Chile.

[20] *Valparaiso and West Coast Mail* (Valparaíso), 26 de agosto de 1871.

[21] Memoria que presenta el Directorio de la Compañía Chilena de Balleneros en la Primera Junta Jeneral de accionistas, 30 de diciembre de 1871. *La Patria* (Valparaíso), 5 de marzo de 1872. Veliz (1961: 208) señala que en el año 1873 la Compañía Chilena de Balleneros poseía seis "naves balleneras que extendían su acción a través de todo el Pacífico Sur: *Pescadora, Mariposa, Grace Marks, Virginia Marks, Maggie Hill* y *Charles Edwards"*, excluyendo de la lista a la barca *Mary*, adquirida poco después de la constitución de la compañía.

[22] Estado de la Marina Mercante Nacional el 1° de mayo de 1872. *Memoria del Ministerio de Marina correspondiente al año 1872*. Santiago: Nacional. 1872.

[23] Se trata de la barca *Matilde Andrade,* de 321 toneladas. Libro de Salida de Buques al puerto de Valparaíso, 1875-1878. *Biblioteca Santiago Severín, Sección Histórica* (Valparaíso).

En 1882 la Compañía Chilena de Balleneros adquiere el NAUTILUS y en 1885 LA PERLA, con los que la empresa llega a tener cuatro veleros: GRACE MARKS, JANE MARTIN, LA PERLA y NAUTILUS. El GRACE MARKS naufraga en 1897 y el JANE MARTIN lo hace en 1899. La empresa compra en 1901 la barca EMILIA, renombrándola como PESCADORA, y la flota alcanza ahora los tres buques. Cuando en 1908 naufraga LA PERLA, la empresa adquiere su último buque, el JOSEPHINE, manteniendo en tres el número de buques. En 1916 se vende el NAUTILUS y el PESCADORA, quedando la empresa con un solo buque, el JOSEPHINE, siendo su viaje de 1917 la última expedición ballenera de la compañía. Terminado dicho crucero la empresa acondiciona al JOSEPHINE para el cabotaje, lo que constituye el fin del giro ballenero de la Compañía Chilena de Balleneros.

La Flota

La flota de la Compañía Chilena de Balleneros usada en medio siglo de existencia alcanzó, entonces, un total de 12 buques. Cada buque tiene una historia específica y características técnicas particulares, por lo que es preciso contar cada una de ellas.

Mariposa [1805-1877]

La barca MARIPOSA fue construida en 1805 por Enos Briggs como un navío[24] de 277 toneladas, bajo el nombre de MESSENGER, para Simon Forrester, ambos de Salem, MA (Osgood y Batchelder 1879: 215). Poseía tres palos, dos cubiertas y sus dimensiones eran 93'8" de eslora, 26' de manga y 13' de puntal[25].

El buque fue registrado en Salem, MA, el 11 de julio de 1805. El *Messenger* fue ocupado en las rutas de comercio de Salem con las Indias Orientales y Rusia (Osgood y Batchelder, op.cit.: 192).

En 1832 es adquirido por John R. Thornton, de New Bedford, MA, quién lo destina al negocio ballenero, realizando entre 1832 y 1859 ocho cruceros (Starbuck, 1878). En 1859 fue transformado en barca, con 291 toneladas, realizando un viaje ballenero adicional, con el capitán J. W. Gifford, entre el 7 de junio de 1859 y el 10 de mayo de 1863[26]. A fines de octubre de 1864 fue comprado en US$ 8,000 por John MacCollough, de New Bedford[27] y revendida unos días después "en términos privados, al capitán Charles S. Pope, quién la compró para los Señores Crosby & Co., de Talcahuano, Chile"[28].

El capitán Pope la trajo ese mismo año a Chile, siendo inscrita bajo el nombre de MARIPOSA, el 7 de abril de 1865 en el N° 798 del Registro de la Marina Mercante Nacional [RMMN]. Los propietarios de la barca, con un arqueo de 273,23 toneladas, eran Charles S. Pope, Isaac H. Marks y G. Petersen y su capitán era el mismo C. S. Pope. El MARIPOSA tenía "dos cubiertas, tres palos, aparejo de barca i en la proa por signo un brazo de violín"[29]. El 22 de octubre de 1866 ingresa al puerto de Valparaíso, al mando del capitán Pope, procedente de Tumbes, Perú, con una carga de aceite de ballena[30]. La barca fue reinscrita el 20 de mayo de 1867, con el N° 7 y los mismos propietarios, nombre y arqueo[31].

En 1871 pasa a manos de la Compañía Chilena de Balleneros, prestando servicios a la empresa hasta 1877. El 22 de noviembre de ese año llega al puerto de Valparaíso en su último crucero ballenero[32], siendo luego vendida al extranjero[33].

[24] En los siglos XVIII y XIX se llamaba navío [ship] a un velero con un bauprés y tres o másmástilesde velas cuadradas (Schäuffelen 2002: xxi).

[25] Ship Registers of New Bedford, Massachusetts. Boston: The National Archives Project, 1940, Tomo I: .212.

[26] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 12 de mayo de 1863.

[27] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 1° de noviembre de 1864.

[28] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 8 de noviembre de 1864.

[29] [Patente de Navegación N° 798 de la barca MARIPOSA, 8 de abril de 1865]. Fondo Ministerio de Marina, volumen 209. Archivo Histórico Nacional, Santiago de Chile; Estado Jeneral de la Marina Mercante Nacional el 1° de septiembre de 1865. Memoria del Ministerio de Marina correspondiente al año 1865. Santiago: Nacional.

[30] Libro de Entrada de Buques al puerto de Valparaíso, 1866-1868. Biblioteca Santiago Severín, Sección Histórica (Valparaíso).

[31] [Patente de Navegación N° 7 de la barca MARIPOSA, 20 de mayo de 1867]. Fondo Ministerio de Marina, volumen 245. Archivo Histórico Nacional, Santiago de Chile; Estado Jeneral de la Marina Mercante Nacional el 1° de junio de 1867. Memoria del Ministerio de Marina correspondiente al año 1867. Santiago: Nacional.

[32] Chilean Times (Valparaíso), 24 de noviembre de 1877.

[33] Sabemos que en 1878 el Mariposa ya no formaba parte de la flota de la Compañía Chilena de Balleneros. New York Times (Nueva York), 24 de julio de 1878.

Pescadora (1) [1853-1879]

La barca PESCADORA fue construida en 1853 con el nombre de ERINGO en los astilleros de Brown & Lovell, en South Boston, para Thomas B. Wales & Co. y otros, de Boston, MA (Silverston, 2006: 61). Era "una hermosa nave, de 327 toneladas de registro, admirablemente adaptada para el comercio mediterráneo. Tiene 113 pies de eslora, 26 pies 3 pulgadas de manga, y 12 pies 1 pulgada de puntal [...].Como mascarón de proa tiene un cuervo marino dorado, o algún otro nuevo pájaro desconocido para la historia natural, y su popa, que es muy ligera y elegante, está también adornada con tallados dorados. Está construida en roble recubierto con cobre [...]. La nave está revestida con metal amarillo [...], y pintada de negro por encima. Es una barca de tres mástiles, con aparejo cuadrado completo"[34]. Su botadura ocurre en el mes de noviembre de 1853 y sus dueños la utilizaron en el comercio de cabotaje entre Boston y los puertos sudamericanos de Buenos Aires, Montevideo y Río de Janeiro.

El 3 de abril de 1855 la Marina de los Estados Unidos compra el ERINGO por US$ 17.000[35], renombrándolo como USS RELEASE[36]. Esta nave fue usada como apoyo en expediciones de diversa índole, participando entre 1861 y 1865 en la guerra civil americana (Wyllie, 2007: 485-486). Fue dado de baja por la Marina de Estados Unidos el 6 de octubre de 1865 y vendido el 25 de octubre de 1865 en Nueva York, en un remate público (Wyllie, 2007: 486).

La barca RELEASE es adquirida por E. D Morgan & Co, de Nueva York, e inscrita en el puerto de New London, CT, con 270 toneladas[37]. El 18 de enero de 1866 zarpa de dicho puerto, al mando del capitán Bolles y con una tripulación de sólo 12 hombres, rumbo a Bolivia[38], no sabemos con qué propósito.

El RELEASE es comprado en 1866 por I. H. Marks, J. R. Moore y J. Jenkins, comerciantes norteamericanos de Valparaíso, adaptado para la caza de ballenas e inscrito el 18 de marzo de 1867 en el RMMN con el nombre de PESCADORA, con un arqueo de 218,07 toneladas[39]. En septiembre de 1867 comienza su primer crucero ballenero bajo bandera chilena[40], al mando del capitán Heath, llegando el 7 de marzo de 1868 con una carga de aceite de ballena al puerto de Valparaíso[41].

La barca es operada por la Compañía Chilena de Balleneros desde 1871 hasta su naufragio ocurrido el 2 de octubre de 1879, mientras desarrollaba sus labores balleneras en las costas de Baja California[42].

Charles & Edward [1852-1878]

La barca CHARLES & EDWARD fue construida en 1852 como goleta por Matthews, Mashow & Co, de Dartmouth, MA, para Elisha Bourne y otros, de la misma ciudad. Poseía una cubierta, popa cuadrada y dos mástiles. Con 144 toneladas, medía 83'5" de eslora, 22' 7,5" de manga 8'8" de puntal[43]. En 1855 fue transferida a William Potter, de Darmouth, MA[44].

[34] *Boston Daily Atlas* (Boston), 29 de diciembre de 1853. Esta es una versión abreviada de la descripción detallada del *Eringo* que escribió Duncan McLean, reportero dedicado a temas marítimos de este periódico.

[35] *New York Evening Post* [Nueva York], 4 de abril de 1855.*Semi-Weekly Courier and New Yorker* [Nueva York], 14 de abril de 1855.

[36] *New York Times* [Nueva York], 24 de mayo de 1855.

[37] *American Lloyd's Register of American and Foreign Shipping*, 1866.

[38] *New York Herald* [Nueva York], 21 de enero de 1866.

[39] [Patente de Navegación N° 8 de la barca PESCADORA, 20 de mayo de 1867]. Fondo Ministerio de Marina, volumen 245. Archivo Histórico Nacional, Santiago de Chile.

[40] Sabemos por una carta escrita en Panamá que el 7 de octubre de 1867 "la barca RELEASE, de Valparaíso, lleva 200 barriles de aceite de ballena jorobada. *New York Herald* (Nueva York), 30 de octubre de 1867.

[41] Libro de Entrada de Buques al puerto de Valparaíso, 1866-1868. *Biblioteca Santiago Severín, Sección Histórica* (Valparaíso).

[42] *Diario Oficial* (Santiago de Chile), 11 de febrero de 1880.

[43] *Ship Registers of New Bedford, Massachusetts*. Boston: The National Archives Project, 1940, Tomo II: p. 46.

[44] *Ship Registers of New Bedford, Massachusetts*. Boston: The National Archives Project, 1940, Tomo II: p. 46.

Zarpa de este puerto el 5 de junio de 1855 al mando del capitán William H. Slater en su primer crucero ballenero[45]. En 1856 fue transformada en una barca, agregándosele un nuevo mástil[46]. Realizó otros tres cruceros balleneros desde Dartmouth entre 1856 y 1864 (Starbuck, 1878: 538-539, 562-563, 578-579).

En 1865 se indica que "la barca CHARLES & EDWARD de Dartmouth, que había llegado a Talcahuano el 18 de enero [de 1865], ha sido vendida a los Srs. Burton & Trumbull, de Talcahuano, por $ 5.500 en oro, y en lo sucesivo navegará bajo bandera chilena"[47]. Fue inscrita en el RMMN el 9 de febrero de 1865 bajo el N° 790, con un arqueo de registro de 95,14 toneladas. El buque, de propiedad de Santiago H. Trumbull, de Talcahuano, contaba con una cubierta, "tres palos, aparejo de barca i en la proa por signo un brazo de violín"[48]. El 7 de noviembre de 1866 recala en Valparaíso, al mando del capitán Brown, procedente de Paita, Perú, con una carga de aceite de ballena[49]. La barca es luego vendida a comerciantes de Valparaíso y traspasada en 1871 a la Compañía Chilena de Balleneros.

El CHARLES & EDWARD deja de prestar servicios a la compañía en 1876. Su último crucero ballenero finaliza en Valparaíso el 4 de noviembre de ese mismo año[50]. Desde esa fecha es empleado en labores de cabotaje entre Valparaíso y Juan Fernández[51]hasta su naufragio durante un fuerte temporal, en el sector de El Almendral, Valparaíso, el 21 de febrero de 1878[52].

Maggie hill [1844-1881]

La barca MAGGIE HILL fue construida en 1844 como la goleta HAMILTON en los astilleros de Abel Hoyt en Madison, CT, para Sturges, Clearmann & Co., de Nueva York. Con 198 toneladas, medía 90 pies de eslora, 25 pies de manga y10 pies de puntal[53].

En 1859 fue adquirida por Safford & Dodge, Nueva York, que poseían una línea regular de transporte marítimo entre Nueva York, Baltimore, Alexandria, Washington y Georgetown; su puerto de registro era Georgetown, DC[54]. En 1866 Z. L. Adams, New Bedford, MA, compra la goleta "que será transformada en una barca y equipada para la caza de cachalotes en el Océano Pacífico, bajo el mando del capitán Edwin R. Osgood, antes segundo oficial de la barca *Islander*"[55]. La barca, ahora de 162 toneladas[56], zarpa de New Bedford, MA, en un viaje ballenero rumbo al Pacífico, el 5 de junio de 1866[57].

La barca HAMILTON es vendida el 15 de enero de 1869 "en Valparaíso al Sr. Marks, por $ 10.000 chilenos"[58] y su nombre cambiado por el de MAGGIE HILL[59]. Es inscrita el 1° de febrero de 1869 en el RMMN con el N° 37 y un arqueo de 149,96[60]. El primer registro que tenemos de sus actividades es su arribo con aceite a Valparaíso, al mando del capitán Heath, el 26 de noviembre de 1870[61]. En 1871 es traspasada a la Compañía Chilena de Balleneros y su último crucero ballenero concluye el 23 de enero de 1879[62].

[45] *Whalement's Shipping List* (New Bedford, MA), 19 de junio de 1855.

[46] *Ship Registers of New Bedford, Massachusetts*. Boston: The National Archives Project, 1940, Tomo II: p. 46.

[47] *Whalement's Shipping List* (New Bedford, MA), 21 de marzo de 1865.

[48] [Patente de Navegación N° 790 de la barca *Charles & Edward*, 9 de febrero de 1865]. Fondo Ministerio de Marina, volumen 209. Archivo Histórico Nacional, Santiago de Chile.

[49] Libro de Entrada de Buques al puerto de Valparaíso, 1866-1868. *Biblioteca Santiago Severín, Sección Histórica* (Valparaíso).

[50] *Chilean Times* (Valparaíso), 11 de noviembre de 1876.

[51] *Chilean Times* (Valparaíso), 7 de julio de 1877, 8 de septiembre de 1877, 10 de octubre de 1877, 27 de octubre de 1877, 10 de noviembre de 1877, 24 de noviembre de 1877.

[52] *Diario Oficial* (Santiago de Chile), 28 de febrero de 1878.

[53] *New York Marine Register*, 1858.

[54] American Lloyd,s *Register of American and Foreign Shipping*, 1859.

[55] *Whalement's Shipping List* (New Bedford, MA), 20 de marzo de 1866.

[56] *American Lloyd,s Register of American and Foreign Shipping*, 1867. En los registros del *Whalement's Shipping List* aparece, sin embargo, con 137 toneladas.

[57] *Whalement's Shipping List* (New Bedford, MA), 12 de junio de 1866.

[58] *Whalement's Shipping List* (New Bedford, MA), 23 de febrero de 1869.

[59] *Whalement's Shipping List* (New Bedford, MA), 6 de julio de 1869.

[60] [Patente de Navegación N° 37 de la barca *Maggie Hill*, 1° de febrero de 1869]. Fondo Ministerio de Marina, volumen 245. Archivo Histórico Nacional, Santiago de Chile.

[61] Libro de Entrada de Buques al puerto de Valparaíso, 1870-1873. *Biblioteca Santiago Severín, Sección Histórica* (Valparaíso).

[62] El crucero demoró 335 días. Libro de Entrada de Buques al puerto de Valparaíso, 1879-1881. *Biblioteca Santiago Severín, Sección Histórica* (Valparaíso).

El MAGGIE HILL será vendido y usado para labores de cabotaje entre Valparaíso y otros puertos del litoral chileno, al menos entre 1880 y 1881[63].

Virginia marks [1857-1879]

La barca VIRGINIA MARKS fue construida en 1857 en Kingston, MA, como el bergantín BIRD OF THE WAVE, con 178 toneladas, por Joseph H. Holmes para su propio uso. Sus dimensiones eran 89 pies de eslora, 23 pies de manga y10 pies de puntal y su puerto de salida era Kingston, MA[64]. En 1861 fue vendido a Baker & Co, Boston, MA[65] y en 1863 a W. F. Weld & Co, Boston, MA[66]. En 1864 fue comprado por Henry de Córdova & Co., Nueva York, estableciendo su matrícula en Turks Islands, navegando bajo bandera británica[67].Entre 1857 y 1967 el BIRD OF THE WAVE fue usado para el transporte de diversas mercaderías, principalmente café y campeche, entre Haití y las puertos de la costa este de los Estados Unidos, principalmente Boston y Nueva York[68]. En 1867 es adquirida por B. J. Wenberg & Co., de New Bedford, transformada en barca y adaptada para la caza de ballenas, al mando del capitán Hyatt[69].
La barca es comprada a fines de 1867 por comerciantes de Talcahuano, probablemente por W. Crosby & Co, iniciando su primer viaje ballenero por las costas sudamericanas en ese mismo año. El 17 de marzo de 1868 se encuentra en Paita, Perú, "con el mismo aceite reportado anteriormente"[70]. En 1869 es adquirida por Isaac H. Marks, de Valparaíso, y su nombre cambiado al de VIRGINIA MARKS. Es inscrita el RMMN con matrícula N° 75y un arqueo de 124,44[71].
En 1871 es traspasada a la Compañía Chilena de Balleneros y su último crucero ballenero finaliza el 22 de febrero de 1879[72].

Grace marks [1852-1897]

La barca GRACE MARKS fue construida en 1852 por Marshall Dutch, de Searsport, ME, bajo el nombre de B. COLCORD, con 294 toneladas, para John Howe y otros, de ese mismo puerto. Sus dimensiones eran 109 pies de eslora, 15 pies de manga y 11 pies de puntal[73]. En 1861 fue adquirida por C. Heath, también de Searsport, ME[74]. La barca fue utilizada entre 1852 y 1865 principalmente para el transporte de azúcar y melaza desde diversos puertos de Cuba (Cienfuegos, Matanzas, Matamoros, Sagua, Cárdenas y Remedios) para R. P. Buck & Co., de Nueva York.
Luego de encallar en Gravel Island, cerca de Nantucket, en diciembre de 1865, fue reparada y remolcada a uno de sus muelles (Gardner 1915 [1877], II: 79), adquirida por F. E. Adams & Sons, Nantucket, MA, y preparada para la caza de ballenas en el mismo puerto de Nantucket[75]. Zarpa el 6 de noviembre de 1866 en un crucero ballenero rumbo al Océano Pacífico, al mando del capitán Edward McCleave[76]. En una carta escrita el 7 de abril de 1871, el capitán McCleave señala que se encuentra en Talcahuano, "con 500 barriles de aceite de esperma, de regreso a casa, todos bien"[77].
Sin embargo, poco después se indica que la barca fue "vendida a Isaac H. Marks, un comerciante de Valparaíso y continuará en el negocio ballenero desde ese puerto, bajo el comando del capitán Henry Howland"[78]. Su nombre es cambiado por el de GRACE MARKS e inscrita el 20 de mayo de 1871 en el RMMN con la matrícula N° 85 y un arqueo de 213,57[79].

[63] Chilean Times (Valparaíso), 15 de noviembre de 1879, 14 de febrero de 1880, 16 de octubre de 1880, 18 de diciembre de 1880, 17 de diciembre de 1881. No conocemos su destino definitivo.

[64] American Lloyd,s Register of American and Foreign Shipping, 1859.

[65] American Lloyd,s Register of American and Foreign Shipping, 1861.

[66] American Lloyd,s Register of American and Foreign Shipping, 1863.

[67] American Lloyd,s Register of American and Foreign Shipping, 1865.

[68] New York Times (Nueva York), 17 de enero de 1860, 6 de marzo de 1860, 8 de mayo de 1860, 1° de marzo de 1861, 12 de enero de 1863, 25 de febrero de 1864,

[69] New York Times (Nueva York), 23 de mayo de 1867; American Lloyd,s Register of American and Foreign Shipping, 1868.

[70] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 14 de abril de 1868.

[71] [Patente de Navegación N° 75 de la barca Virjinia Marks, 6 de junio de 1870]. Fondo Ministerio de Marina, volumen 245. Archivo Histórico Nacional, Santiago de Chile;

[72] Este fue un crucero corto, de sólo 40 días. Chilean Times (Valparaíso), 22 de febrero de 1879. No tenemos datos sobre su destino definitivo.

[73] American Lloyd,s Register of American and Foreign Shipping, 1859.

[74] American Lloyd,s Register of American and Foreign Shipping, 1861.

[75] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 7 de agosto de 1866; New York Daily Tribune (Nueva York), 8 de agosto de 1866.

En 1871 es traspasada a la Compañía Chilena de Balleneros, prestando servicios por 26 años a la empresa, hasta su naufragio en la bahía de Valparaíso durante un temporal el 4 de mayo de 1897 (Vidal Gormaz 1901: 754).

Mary [1853-1880]

La barca MARY fue construida en 1853 en los astilleros de John Delano en Sippican, MA, bajo el nombre de EMILY, con 294 toneladas, para varios propietarios de New Bedford (Robe 2002: 37). Sus dimensiones eran 107 pies y 9 pulgadas de eslora, 23 pies y 4 pulgadas de manga y 11 pies y 2 pulgadas de puntal[80]. Poseía una cubierta, tres mástiles y popa cuadrada[81]. El 7 de octubre de 1853 es registrada en New Bedford con George H. Keen como capitán, y destinada al comercio[82].La barca EMILY cambia parcialmente de dueños en 1855, siendo "retirada del servicio mercante y equipada para la caza de cachalotes en el Océano Pacífico", por Charles Almy, su nuevo propietario y agente"[83]. Zarpa el 18 de octubre de 1855, al mando del capitán Augustus Hale, rumbo al Océano Pacífico[84]. La barca EMILY es adquirida en 1861 "por James C. Ricketson, en US$ 6.000, y en adelante será empleada en el servicio mercante"[85]. En 1863 es adquirida por Josiah Jex & Co. y al ser matriculada en Belize, Honduras Británicas, cambia su nombre por el de EMILY& ADA[86].

El buque es comprado en 1867 por Crosby & Co., de Talcahuano, Chile, y "será preparada en este puerto como ballenero"[87]. Sabemos que en el mes de diciembre de 1868 el EMILY& ADA estaba en Tumbes, al mando del capitán B. Kelley, con 300 barriles de aceite de cachalote[88] y que el 10 de marzo de 1869 se encontraba en la zona de Juan Fernández, ahora con 550 barriles de aceite[89]. En 1869 es vendida a Guillermo G. Délano, de Concepción, y matriculada bajo el N° 76 en el RMMN, con el nombre de MARY y un arqueo de 207,66[90].

La Compañía Chilena de Balleneros adquiere la barca MARY en 1871. El 26 de febrero de 1880 llega con un cargamento de aceite por última vez al puerto de Valparaíso, después de un crucero de 380 días[91].El buque realizará un último viaje, zarpando de Valparaíso al mando del capitán D. Seymour, llegando a Panamá el 8 de septiembre de 1880 con 1000 barriles de aceite, pero "haciendo agua", por lo que el buque es vendido en ese puerto[92].

Jane martin [1856-1899]

La barca JANE MARTIN fue construida en 1856, bajo el nombre de BRITISH MERCHANT, en los astilleros Collman & Martin, de Dundee, Escocia, para William Collyer, de ese mismo puerto[93]. Con 374 toneladas, sus dimensiones eran 128,3 pies de eslora, 26,6 pies de manga y 17,6 pies de puntal[94]. Su primer viaje, al mando del capitán Scott, fue a Madrás, India[95]. Fue usado primero en el comercio con la India y luego entre Liverpool, Boston, Ciudad del Cabo, Sidney, El Callao, Iquique y Valparaíso[96].

El buque fue vendido en Valparaíso en 1869[97], adquirido por José Manuel Andrade, de Ancud, e inscrito como MATILDE ANDRADE en el RMMN el 9 de junio de 1869 bajo el N° 54, con un arqueo 321,51[98]. Fue usada principalmente como nave de cabotaje para el traslado de tablas de ciprés desde Melinka, en las islas Guaitecas, a Valparaíso[99].

La Compañía Chilena de Balleneros compra el buque en 1878, inscribiéndolo como JANE MARTIN en julio de 1880 con el N° 220 en el Registro de la Marina Mercante, con un arqueo de 349,36 toneladas[100]. El 9 de marzo de 1878 zarpa de Valparaíso en su primer crucero ballenero, al mando del capitán Lyner[101], regresando el 14 de abril de 1879 con 400 barriles de aceite de esperma y 900 barriles de aceite de ballena[102].

Luego de veinte años al servicio de la compañía, naufraga, cerca de Buenaventura, Colombia, en 1899.

[76] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 13 de noviembre de 1866.

[77] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 23 de mayo de 1871.

[78] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 20 de junio de 1871.

[79] [Patente de Navegación N° 84 de la barca GRACE MARKS, 22 de mayo de 1871]. Fondo Ministerio de Marina, volumen 245. Archivo Histórico Nacional, Santiago de Chile.

[80] Ship Registers of New Bedford, Massachusetts. Boston: The National Archives Project, 1940, Tomo II: p. 74.

[81] Ship Registers of New Bedford, Massachusetts. Boston: The National Archives Project, 1940, Tomo II: p. 75.

[82] Ship Registers of New Bedford, Massachusetts. Boston: The National Archives Project, 1940, Tomo II: p. 74.

[83] Whalemen Shipping List (New Bedford, MA), 21 de agosto de 1855.

[84] Whalemen Shipping List (New Bedford, MA), 6 de noviembre de 1855.

NAUTILUS [1851-1917]

El navío NAUTILUS fue construido en 1851 por Reuben Fish, en Fairhaven, MA, para Gideon Allen, de G. Allen & Sons, New Bedford, MA. Medía 111 pies de eslora, 27 pies 5½ pulgadas de manga y 16 pies 6 pulgadas de puntal. Con un arqueo de 372 toneladas, tenía una capacidad de 2.400 barriles de aceite y "será empleado en la caza de cachalotes bajo el mando del Sr. Alexander Seabury"[103]. Fue registrado el 5 de julio de 1851 en el puerto de New Bedford, con 374 10/95 toneladas, una eslora de 110 pies 9 pulgadas, una manga de 27 pies 5½ pulgadas y un puntal de 13 pies 8 ¾ pulgadas. Tenía tres mástiles, dos cubiertas y una popa cuadrada[104]. Zarpa el 8 de julio de 1851 en su viaje inaugural desde el puerto de New Bedford rumbo al Pacífico[105], regresando, después de cuatro años, el 24 de abril de 1855[106]. Realizó otros seis cruceros balleneros, todos al Pacífico[107]. En 1881 la barca es vendida a la Compañía Chilena de Balleneros[108]. Llega a Valparaíso el 1° de enero de 1882[109] para emprender su primer crucero ballenero bajo bandera chilena, regresando a Valparaíso el 19 de noviembre de 1882, luego de 255 días de navegación[110]. En el intertanto, había sido matriculado el 2 de febrero de 1882 en el RMMN, bajo el N° 284, con un arqueo de 262,43[111].

Luego de prestar servicios a la compañía por más de 34 años, es vendido el 4 de agosto de 1916 a A.H. Reid, H. Cohen y J. H. Stevenson, de Mejillones[112] y rematriculado el 7 de agosto de 1916 con el N° 856 en el RMMN[113]. El 26 de diciembre de 1917 naufraga cerca de Valdivia con pérdida total[114].

[85] Whalemen Shipping List (New Bedford, MA), 28 de mayo de 1861.

[86] American Lloyd,s Register of American and Foreign Shipping, 1863.

[87] Whalemen Shipping List (New Bedford, MA), 27 de agosto de 1867.

[88] New York Herald (Nueva York), 17 de enero de 1869.

[89] New York Herald (Nueva York), 15 de junio de 1869.

[90] [Patente de Navegación N° 76 de la barca Mary, 28 de junio de 1870]. Fondo Ministerio de Marina, volumen 245. Archivo Histórico Nacional, Santiago de Chile; Estado de la Marina Mercante Nacional el 1° de mayo de 1871. Memoria del Ministerio de Marina, 1871. Santiago: Imprenta Nacional.

[91] Chilean Times (Valparaíso), 28 de febrero de 1880.

[92] Star & Herald (Panama), 10 de septiembre de 1880.

[93] Dundee Courier (Dundee), 16 de enero de 1856. Lloyd's Registers of British & Foreign Shipping. Londres: J. & H. Cox & Wyman, 1856.

[94] Lloyd's Registers of British & Foreign Shipping. Londres: Cox & Wyman, 1864.

[95] Morning Post (Londres), 28 de febrero de 1856; Dundee, Perth, and Cupar Advertiser (Dundee) 19 de septiembre de 1856; Morning Post (Londres), 2 de diciembre de 1856.

[96] New York Times (Nueva York), 8 de junio de 1863; Dundee Courier (Dundee), 16 de noviembre de 1863, 17 de febrero de 1864, 16 de junio de 1864.

[97] Dundee Couirier (Dundee), 28 de abril de 1869.

[98] Estado jeneral de la Marina Mercante Nacional al 1° de junio de 1869. Memoria del Ministerio de Marina presentado al Congreso Nacional, 1869. Santiago: Imprenta Nacional.

[99] Memoria del subdelegado marítimo de Guaitecas, 1° de mayo de 1871. Memoria del Ministerio de Marina, 1871. Santiago: Imprenta Nacional.

[100] [RMM 1881]

[101] Chilean Times (Valparaíso), 16 de marzo de 1878.

[102] New York Herald (Nueva York), 31 de mayo de 1879.

[103] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 10 de junio de 1851.

[104] Ship Registers of New Bedford, Massachusetts, Vol II (1851-1865). Boston: The National Archives Project, 1940, p.184.

[105] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 15 de julio de 1851.

[106] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 1 de mayo de 1855.

[107] Voyages of NAUTILUS (Ship). American Offshore Whaling Voyages: A Database. En http://nmdl.org/ aowv/whvoyage.cfm?VesselNumber=499.

[108] La noticia de su venta a Chile es recogida por varios periódicos: "la barca Nautilus, de este puerto [New Bedford], 277 toneladas, ha sido vendida a Henry A. Howland, de Valparaíso, y seguirá en el negocio ballenero desde Valparaíso". Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 12 de julio de 1881; New York Herald (Nueva York, NY), 9 de Julio de 1881.

[109] Chilean Times (Valparaíso), 7 de enero de 1882.

[110] Chilean Times (Valparaíso), 25 de noviembre de 1882.

La perla [1871-1908]

La barca LA PERLA fue construida como goleta en 1869 por Barstow & Waterman, en South Scituate, MA, con el nombre de HOPE ON. Elaborada en roble blanco y pino amarillo y recubierta con hierro y cobre, fue transferida recién en 1871 a E. W. Barstow & Sons, de Boston, MA (Briggs, 1889: 145). Se registró en ese puerto, con un arqueo de 191 toneladas, 101 pies 6 pulgadas de eslora, 24 pies de manga y 10 pies 4 pulgadas de puntal[115]. La goleta, al mando del capitán L. Chase, fue usada en el comercio de cabotaje entre Boston y los demás puertos de la costa oriental de Estados Unidos, tales como Baltimore, Nueva York y Filadelfia, entre otros[116]. En 1875 la goleta fue "comprada por John T. Richardson y otros, de New Bedford [...], transformada en una barca y adaptada para realizar un viaje ballenero en el Atlántico y el Pacífico, bajo el mando del capitán Michael A. Baker"[117]. La barca, de 173 toneladas, con una cubierta, tres mástiles y velas cuadradas, se registra en New Bedford, MA[118]. Zarpa en su primer crucero ballenero el 24 de noviembre de 1875[119].Luego de permanecer casi tres años en el puerto, en 1881 la barca es adquirida por el capitán Gilbert B. Borden para un nuevo viaje[120]. La barca zarpa, rumbo al Pacífico, el 18 de octubre de 1881 con 20 tripulantes[121]. El 26 de abril de 1883 el capitán Borden es detenido en Talcahuano, Chile, acusado de maltratar y abandonar a un marinero chileno en una isla deshabitada de Juan Fernández[122]. Toma el mando del buque el capitán D. Seymour[123] y el capitán Borden, una vez liberado, decide vender el buque en Panamá. Sus compradores lo registran con el nombre de DODA SILVA y continúa cazando ballenas bajo el mando del mismo capitán Seymour bajo bandera colombiana[124].

En 1886 la Compañía Chilena de Balleneros adquiere la barca y la matricula con el nombre de LA PERLA bajo el N° 409 del RMMN[125]. Su arqueo era de 167,20[126]. El buque zarpa el 18 de marzo de 1886 en su primer crucero ballenero bajo bandera chilena, al mando del capitán Nye[127], regresando el 11 de noviembre de 1886, luego de 248 días de navegación[128].

La barca LA PERLA naufraga, cerca de Esmeraldas, Ecuador, en el mes de agosto de 1908, luego de 22 años de servicio, siendo su matrícula cancelada el 5 de diciembre del mismo año[129].

[111] Lista Oficial de la Marina Mercante Nacional en 31 de diciembre de 1882. Memoria del Ministerio de Marina del año 1882. Santiago: Nacional.

[112] Nómina de las transferencias efectuadas en el Rejistro de la Marina Mercante Nacional en el año 1916. Memoria del Ministerio de Marina del año 1916. Santiago: Nacional.

[113] Lista Oficial de la Marina Mercante Nacional en 31 de diciembre de 1916. Memoria del Ministerio de Marina del año 1916. Santiago: Nacional.

[114] Nómina de los rejistros cancelados por las causas que se indican en el año 1917. Memoria del Ministerio de Marina del año 1917. Santiago: Nacional.

[115] American Lloyd's Register of American and Foreign Shipping, 1872.New York: Charles Vogt, 1872, p. 90.

[116] New York Herald (Nueva York), 1 de agosto de 1874; New York Herald (Nueva York), 26 de septiembre de 1872; New York Herald (Nueva York), 5 de marzo de 1874.

[117] New York Herald (Nueva York), 17 de septiembre de 1875.

[118] Ship Registers of New Bedford, Massachusetts. Boston: The National Archives Project, 1940; Tomo III: 80.

[119] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 30 de noviembre de 1875.

[120] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 5 de julio de 1881; New York Herald (Nueva York), 9 de julio de 1881.

[121] Whalement's Shipping List (New Bedford, MA), 25 de octubre de 1881.

[122] Sacramento Daily Union (Sacramento), 26 de mayo de 1883..

[123] La Estrella (Panamá), 11 de octubre de 1883.

[124] Panamá Star & Herald (Panamá), 25 de octubre de 1883, 7 de noviembre de 1883.

[125] Lista Oficial de los Buques Mercantes de la República. Memoria del Ministerio de Marina de Chile del año1886. Santiago: Nacional, 1886, pp. 262-263.

[126] Lista Oficial de los Buques Mercantes de la República. Memoria del Ministerio de Marina de Chile del año1886. Santiago: Nacional, 1886, pp. 262-263.

[127] Chilean Times (Valparaíso), 20 de marzo de 1886.

[128] Chilean Times (Valparaíso), 13 de noviembre de 1886.

[129] Nómina de los rejistros cancelados por las causas que se indican. Memoria del Ministerio de Marina de Chile del año 1908. Santiago: Nacional, 1908.

Pescadora (2) [1876-1922]

La barca PESCADORA fue construida en 1876, con el nombre de EMMA, por J. Duncan & Co. en Mininegash, Prince Edward Island, Canadá. Fue registrada en Charlottetown, con 289 toneladas y 118,7 pies de eslora, 26,0 pies de manga y 14,9 pies de punta y adquirida en 1877 por John Taylor, de Londres[130]. Fue transferida en 1879 a D. M. Stevenson & Co., de Leith, Escocia[131], quién solicita en 1880 permiso para cambiar el nombre de su barca EMMA por el de AGNES STEVENSON, debido a "la confusión que provoca el hecho que varios buques lleven el mismo nombre", y registrarla "bajo el dicho nuevo nombre, en el puerto de Leith"[132], ahora con 318 toneladas de registro[133]. Es utilizado en cabotaje entre Sudamérica y Europa[134]. La nave es vendida en 1886 a Pedro Terrés, comerciante de Costa Rica[135]. En 1887 Pedro Terrés y Ruiz solicita licencia "para enarbolar el pabellón de Costa Rica en la corbeta ANITA de su propiedad, con el objeto de navegar con esta bandera", buque que ha "navegado últimamente con el permiso correspondiente y bajo la bandera española, con el nombre de AGNES STEVENSON".

Es de madera, con tres mástiles y un puente, tiene un "porte" de 328,16 toneladas. La autorización le es concedida y con fecha 11 de marzo de 1887 se le extiende patente de navegación por cinco años[136]. En 1892 la barca es comprada por Cardemil Hnos, de Valparaíso, dedicada a "la navegación en general", e inscrita bajo el nombre de PLACILLA en el RMMN con un arqueo de 331,23[137]. En 1893 la barca es transferida a P. Wilson & E. Verluys, de Valparaíso[138] y en 1894 es adquirida por Pedro L. Severin, de Valparaíso, quién la dedica a la pesca y la inscribe con el N° 592 en el RMMN bajo el nombre de EMILIA. Su arqueo ahora es de 301,04[139]. La barca es comprada por la Compañía Chilena de Balleneros el 14 de diciembre de 1900[140] y matriculada el 12 de febrero de 1901 bajo el Nº 674 del RMMN con el nombre de PESCADORA, manteniendo su arqueo en 301,04[141].

Luego de quince expediciones balleneras, es vendida el 16 de junio de 1916 a Enrique Schulz, de Valparaíso, reinscrita en el RMMN con el N° 966[142], y luego transferida el 24 de junio de 1918 a Florindo Molina, de Valparaíso[143], quién la inscribe nuevamente en el RMMN bajo el nombre de ARICA el 18 de noviembre de 1918 con el N° 1038[144]. Naufragó el 8 de octubre de 1922 en la bahía de San Vicente, Talcahuano, Chile[145].

[130] *American Lloyd's Register of American and Foreign Shipping*. New York: Charles Vogt, 1877, p. 99.

[131] *American Lloyd's Register of American and Foreign Shipping*. New York: Charles Vogt, 1881, p. 103.

[132] *The London Gazette* (Londres), 20 de julio de 1880.

[133] *Lloyd's Register of British and Foreign Shipping*. Londres: Lloyd's, 1883.

[134] *New York Herald* (Nueva York), 13 de octubre de 1881, 21 de octubre de 1881, 17 de diciembre de 1881, 23 de diciembre de 1881, 7 de enero de 1882, 3 de enero de 1884; *New York Daily Tribune* (Nueva York), 13 de febrero de 1884.

[135] *Record of American and Foreign Shipping*. Nueva York: American Shipmaster Association, 1888, p. 118.*Lloyd's Register of British and Foreign Shipping*. Londres: Lloyd's, 1889.

[136] *La Gaceta* (San José, Costa Rica), 13 de marzo de 1887.

[137] Lista Oficial de los buques de la Marina Mercante Nacional al 31 de diciembre de 1892. *Memoria del Ministerio de Marina, 1893*. Santiago: Nacional.

[138] Lista Oficial de los buques de la Marina Mercante Nacional al 15 de marzo de 1894. *Memoria del Ministerio de Marina, 1894*. Santiago: Nacional.

[139] Lista Oficial de los buques de la Marina Mercante Nacional al 30 de marzo de 1895. *Memoria del Ministerio de Marina, 1895*. Santiago: Nacional.

[140] Nómina de las transferencias de naves efectuadas en el Rejistro de la Marina Mercante Nacional durante el año 1900. *Memoria del Ministerio de Marina del año 1900*. Santiago: Nacional.

[141] Inscripción de naves en el Rejistro de la Marina Mercante Nacional durante el año 1901. *Memoria del Ministerio de Marina, 1901*. Santiago: Nacional.

[142] Nómina de las transferencias de naves efectuadas en el Rejistro de la Marina Mercante Nacional en el año 1916. *Memoria del Ministerio de Marina, 1916*. Santiago: Nacional.

[143] Transferencias efectuadas en el Rejistro Jeneral de la Marina Mercante Nacional durante el año 1918. *Memoria del Ministerio de Marina, 1918*. Santiago: Nacional.

[144] Nómina de los rejistros cancelados por las causas que se indican durante el año 1918. *Memoria del Ministerio de Marina, 1918*. Santiago: Nacional.

[145] Registro N° 1.038 del Buque ARICA. *Registro Matriz de la Marina Mercante Nacional* [1035-1333]. Oficina de Registro de Naves Mayores, DIRECTEMAR, Valparaíso.

Josephine [1877-1918]

La barca JOSEPHINE fue construida en 1877 por Goss & Sawyer en Bath, ME, para Swift & Perry, de New Bedford, MA. Con 384 ton., medía 129'7" de eslora, 28'9" de manga y 17'2" de puntal[146]. Botada en Bath el 27 de marzo de 1877[147], zarpa de New Bedford en su primer viaje ballenero el 15 de mayo de 1877 al mando del capitán George F. Long[148], regresando el 21 de junio de 1880[149]. La sociedad propietaria se reorganiza en 1879 como Aiken & Swift y en 1881 expanden sus operaciones a San Francisco CA, y desde 1885 operan sólo desde este último puerto[150]. En 1894 la barca es vendida a R. T. Green, de Boston, por US$ 7,000[151]. Entre 1877 y 1907 la barca JOSEPHINE realizó 23 cruceros balleneros por todos los mares del planeta, con New Bedford, MA [1877-1881, 1894-1907] y San Francisco, CA [1881-1894] como puertos de salida[152].

La Compañía Chilena de Balleneros le compra el 27 de septiembre de 1909 a William R. Wing, de New Bedford la barca JOSEPHINE[153] y matriculada en 1910 con el N° 837 en el RMMN, con un arqueo de 384,07[154].

Luego de 8 años cazando ballenas, "la barca es habilitada para el comercio de cabotaje", arqueada nuevamente, con 375,77 toneladas y reinscrita el 4 de febrero de 1918 en el RMMN con el N° 1010[155]. El 31 de julio de 1918 la barca naufraga en la rada de Valparaíso debido a un fuerte temporal[156].

CONCLUSIONES

Podemos distinguir en la historia de la Compañía Chilena de Balleneros tres momentos, caracterizados por ciertas diferencias en la flota que la empresa utilizó en sus actividades balleneras.

En su primera etapa [1871-1881] la Compañía Chilena de Balleneros utilizó ocho buques. Seis habían sido usados anteriormente en la caza de ballenas, algunos por largo tiempo, como el MARIPOSA ex MESSENGER, con más de 30 años de experiencia ballenera. El número máximo de buques utilizados simultáneamente fueron siete, entre 1871 y 1876, para decrecer progresivamente y llegar a sólo dos buques en 1881.

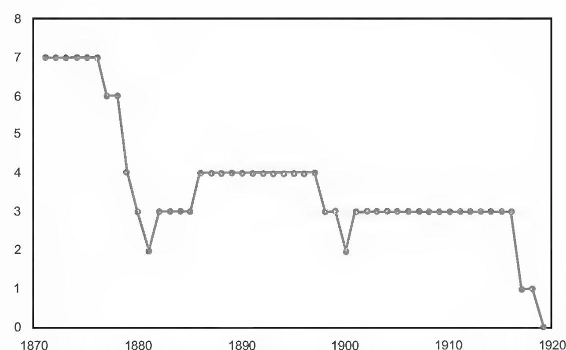


Figura 1: Número de buques de la Compañía Chilena de Balleneros en cada año (1871-1919)

[145] Registro N° 1.038 del Buque ARICA. *Rejistro Matriz de la Marina Mercante Nacional* [1035-1333]. Oficina de Registro de Naves Mayores, DIRECTEMAR, Valparaíso.

[146] *American Lloyd's Register of American and Foreign Shipping*, 1878.

[147] *New York Herald* (Nueva York, NY), 29 de marzo de 1877..

[148] *New York Herald* (Nueva York, NY), 17 de mayo de 1877; *Whalement's Shipping List* (New Bedford MA), 22 de mayo de 1877.

[149] *Whalement's Shipping List* (New Bedford, MA), 29 de junio de 1880.

[150] En http://id.loc.gov/authorities/names/n91083012.html.

[151] *The Morning Call* (San Francisco), 2 de agosto de 1894.

[152] Voyages of JOSEPHINE (Bark). *American Offshore Whaling Voyages: A Database*. En http://nmdl.org/ aowv/whvoyage.cfm?VesselNumber=449.

[153] *Whalement's Shipping List* (New Bedford, MA), 5 de octubre de 1909.

[154] Naves mercantes ingresadas al Registro de la Marina Mercante Nacional en el año 1910. Memoria del Ministerio de Marina de 1910. Ministerio de Marina, vol.1766. Archivo Nacional [Santiago de Chile].

[155] Naves mercantes ingresadas al Registro de la Marina Mercante Nacional en el año 1918. Memoria del Ministerio de Marina de 1918. Ministerio de Marina, vol. 2223. Archivo Nacional [Santiago de Chile].

[156] Cuadro de siniestros marítimos ocurridos en las costas del litoral de la República durante el año 1918. Memoria del Ministerio de Marina de 1918. Fondo Ministerio de Marina, vol. 2223. Archivo Nacional [Santiago de Chile].

NOMBRE	NOMBRES ANTERIORES	AÑO	LUGAR	ARQUEO	DIMENSIONES
CHARLES & EDWARD	CHARLES & EDWARD	1852	South Dartmouth, MA	144	84x23x9
MARIPOSA	MESSENGER	1805	Salem, MA	277	94x26x13
PESCADORA1	ERINGO/RELEASE	1853	South Boston, MA	327	113X26X12
MAGGIE HILL	HAMILTON	1844	Madison, CT	198	90x25x10
VIRGINIA MARKS	BIRD OF THE WAVE	1857	Kingston, MA	178	89x23x10
MARY	EMILY/EMILY & ADA	1853	Sippican, MA	294	108x24x11
GRACE MARKS	B. COLCORD	1852	Searsport, ME	294	109x15x10
JANE MARTIN	BRITISH MERCHANT/M. ANDRADE	1856	Dundee, UK	374	128x27x18
NAUTILUS	NAUTILUS	1851	Fairhaven, MA	277	109x27x16
LA PERLA	HOPE ON/DODA SILVA	1871	South Scituate, MA	191	100x24x10
PESCADORA 2	EMMA/AGNES STEVENSON/ANITA	1876	Mininegash, PEI, CA	289	119x26x15
JOSEPHINE	JOSEPHINE	1877	Bath, ME	384	130x29x17

Tabla 1: Nómina de los buques empleados por la Compañía Chilena de Balleneros [1871-1919], datos previos.

NOMBRE	ARQUEO NETO	DIMENSIONES ESLORA/MANGA/PUNTAL	AÑO REG	NUM REG	PERIODO EN LA COMPAÑÍA
CHARLES & EDWARD	95,14	25,15/6,17/2,33	1865	790*	6 (1871-1876)
MARIPOSA	273,23	27,62/7,40/5,80	1865	798*/7	7 (1871-1877)
PESCADORA	218,07		1867	8	9 (1871-1879)
MAGGIE HILL	149,96		1869	37	8 (1871-1878)
VIRGINIA MARKS	124,44		1870	75	8 (1871-1878)
MARY	207,66		1870	76	10 (1871-1880)
GRACE MARKS	213,57	32,40 x 7,50 x	1871	85	27 (1871-1897)
JANE MARTIN	349,36	39 x 8,06 x	1880	220	22 (1878-1899)
NAUTILUS	262,43	33,80 x 8,40 x 4,10	1882	284	35 (1882-1916)
LA PERLA	167,20	29,47 x 7,02 x 3,65	1886	409	23 (1886-1908)
PESCADORA	301,04	35,38 x 7,92 x 4,25	1901	674	16 (1901-1916)
JOSEPHINE	384,07	39,00 x 8,00 x 4,80	1910	837	8 (1910-1917)

NOTA:

* El número corresponde al registro antiguo, anterior a 1867.

Tabla 2: Nómina de los buques empleados por la Compañía Chilena de Balleneros [1871-1917], datos posteriores.

En su segunda etapa [1882-1900] se usaron cuatro buques, dos de ellos ya usados en la etapa anterior [GRACE MARKS y JANE MARTIN]. El número máximo de buques usados simultáneamente fue de cuatro, tres de ellos con experiencia ballenera, pero, luego de dos naufragios consecutivos, se llegó a dos buques en 1900.

En su tercera etapa [1901-1917] también se usaron cuatro buques, con dos de ellos ya usados en la etapa previa [NAUTILUS y LA PERLA]. Los cuatro tenían experiencia ballenera previa. El número máximo de buques usados simultáneamente fue de tres, incluso, cuando en 1908 uno de sus buques naufraga, es reemplazado inmediatamente por otro. En 1917 la compañía vende dos de sus buques y el restante lo dedica a cabotaje.

Diez de los doce buques utilizados por la Compañía Chilena de Balleneros fueron construidos en la costa este de los Estados Unidos, siete en Massachusetts, dos en Maine y uno en Connecticut, uno en Escocia, el JANE MARTIN y el otro en Canadá, el PESCADORA 2.

En general los buques eran bastante antiguos cuando fueron adquiridos por la Compañía Chilena de Balleneros. El MARIPOSA era el más viejo, con 64 años [construido en 1805 e incorporado en 1871], y el más nuevo era el VIRGINIA MARKS, con "sólo" 14 años [1857-1871]. El buque más pequeño (84 pies de eslora) y con menor capacidad de carga (144 toneladas) era el CHARLES & EDWARD, y el más grande (130 pies de eslora) y con mayor capacidad de carga (384 toneladas) era el JOSEPHINE.

Algunos de los buques son emblemáticos debido a la cantidad de años que sirvieron los intereses de la compañía. El NAUTILUS fue el que estuvo más tiempo, 34 años. Los otros buques con una cantidad importante de tiempo de servicio fueron el GRACE MARKS, 27 años, LA PERLA, 23 años, y el JANE MARTIN, 22 años.

Este trabajo debe considerarse como una primera aproximación al conocimiento de la flota de la Compañía Chilena de Balleneros. Su relevancia requiere de más documentos y, obviamente, de mucha más investigación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto Fondecyt Regular 1140056 *Etnografía retrospectiva de la caza de ballenas en las costas de Chile durante el siglo XIX*.

REFERENCIAS

Anderson, R. y Anderson, R. 2003. A short history of sailing ships. Mineola: Courier Dover Publications.

Brahm, E. 1997. José Gabriel Ocampo y las fuentes de la ley sobre sociedades anónimas: el proceso de codificación comercial chileno en un ejemplo. Revista de estudios histórico-jurídicos (19): 189-254.

Briggs, L. 1889. History of shipbuilding on North River, Plymouth County, Massachusetts. Boston: Coburn Brothers.

Brown, J. 1887. The whale fishery. Part 2. Whalemen, vessels and boats, apparatus, and methods of the whale fishery. En: The fisheries and fishery industries of the United States (Goode, B.) Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 218-293 pp.

Cavieres, E. 1999. Comercio chileno y comerciantes ingleses, 1820-1880.Santiago: Editorial Universitaria.

Clark, A. 1887. The Whale Fishery. En: The Fisheries and Fishery Industries of the United States. (Goode, B.) Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 3-218 pp.

Creighton, M. 1995. Rites and Passages. The Experience of American Whaling, 1830-1870. Cambridge: Cambridge University Press.

Cutter, S. 2008 [1908]. Genealogical and personal Memoires relatives to the families of Boston and Eastern Massachusetts. Baltimore: Genealogical Publishing Co.

Davis, L., Gallman, R. y Gleiter, K. 1997. In pursuit of Leviathan: Technology, Institutions, Productivity and Profits in AmericanWhaling, 1816-1906. Chicago: The University of Chicago Press.

Du Pasquier, T. 1982. Les baleiniers françaises au XIXeme siecle. Grenoble: Terre et Mer.

Ellis, R. 2002. Men and whales. New York: Alfred A. Knopf.

Gardner, A. 1915 [1877]. Wrecks around Nantucket since the settlement of the island. Nantucket: The Inquirer & Mirror Press.

Osgood, C. y Batchelder, H. 1879. Historical sketch of Salem, 1676-1879. Salem: Essex Institute.

Pereira, E. 1971. Los primeros contactos entre Chile y los Estados Unidos, 1778-1809. Santiago: Andrés Bello.

Quiroz, D. 2015. Cazadores clásicos de ballenas en las costas de Chile (1819-1921). Santiago: Centro de Documentación de Bienes Patrimoniales.

Reeves, R. y Smith, T. 2006. A taxonomy of world whaling: operations, eras, and data sources. En: Whales, whaling and ecosystems. Berkeley: University of California Press, 82-101 pp.

Robe, J. 2002. Maritime Marion Massachusetts. Charleston: Arcadia Publishing.

Schäuffelen, O. 2002. Chapman Great Sailing Ships of the world. Nueva York: Hearst Books.

Silverstone, P. 2006. The Sailing Navy. Nueva York: Routledge.

Starbuck, A. 1878. History of the American Whale Fishery from its Earliest Inception to the Year 1876. Seacaucus: Starbuck.

Véliz, C. 1961. Historia de la Marina Mercante en Chile. Santiago: Ediciones Universidad de Chile.

Vidal, F. 1901. Algunos naufrajios ocurridos en las costas de chile desde su descubrimiento hasta nuestros días. Imprenta Elzevirana, Santiago.

Wyllie, A. 2007. The Union Navy. Raleigh: Lulu Press.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 29, 2016. Páginas 89-103
Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso

COLECCIÓN DE PIELES DE AVES DEPOSITADAS EN EL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO

Camila Figueroa Ramírez*

Resumen: Este trabajo parte como la actualización de la "Presentación de las aves de la colecciones del museo", 1975 enmarcado en la colecciones de pieles de aves del Museo de Historia Natural de Valparaíso, además, de la actualización sistemática de las especies.
La colección de pieles de aves se encuentra en calidad de material de consulta dada la gran diversidad de información que entregan los ejemplares en cuanto a su taxonomía, sistemática, geografía de distribución, anatomía, morfología y dimorfismo sexual.
El Museo de Historia Natural de Valparaíso cuenta con 855 pieles de aves divididas en 21 órdenes, 50 familias, 123 géneros y 159 especies.

Palabras claves: Colecciones de aves, Museo de Historia Natural de Valparaíso, Ornitología, sistemática, aves.

Abstract: This work is part of the updating of the "Presentation of the birds of the museum collections", 1975, framed in the collections of skins of birds of the Museum of Natural History of Valparaiso, in addition, the systematic updating of the species.
The collection of bird study skins is of high quality for study given the large diversity of information that the study skins exhibit; including their taxonomy, classification, geographic distribution, anatomy, morphology and sexual dimorphism.
The Museum of Natural History of Valparaiso contains 855 bird study skins from 159 species.

Keywords: Collections of birds, Museum of Natural History of Valparaiso, ornithology, systematic, birds.

* Técnico Veterinario mención animales nativos, exóticos y silvestres. Departamento de Ciencias e Investigación. Encargada de inventario de colecciones biológicas y Cites del Museo de Historia Natural de Valparaíso. Contacto: camila.figueroa@museosdibam.cl

ANTECEDENTES

Las colecciones científicas han constituido una base en el conocimiento de la biodiversidad y una herramienta fundamental para el taxónomo en el reconocimiento de especies y subespecies, pues están ofrecen una fuente permanente de información representando la biota regional a través de su colección, la cual cuenta con unas serie de datos registrados en tiempo y espacio.

El valor de toda la colección científica se proyecta justamente en la calidad de su material, en la representatividad de sus especies y de sus series sinópticas de referencia, todo el conjunto de ejemplares se traduce en una excelente y eficaz base de datos, en la consecución de estudios de fauna, de taxonomía, bio-geografía y ecología, a corto, mediano y largo plazo.

Se debe considerar de forma muy concisa los tipos de colecciones con las que cuenta el Museo de Historia Natural de Valparaíso. Dentro de estas podemos encontrar las colecciones de exhibición (montadas), colecciones patrimoniales, colecciones educativas y colecciones científicas (pieles). Esta última, es a la que hará referencia el siguiente texto, las cuales están formadas por ejemplares bien documentados taxonómicamente y geográficamente.

Una de las colecciones más numerosas con las que cuenta el Museo de Historia Natural de Valparaíso es la colección ornitológica, que abarca aves montadas (para exhibición), nidos, huevos y pieles de estudio.

Para contribuir en el conocimiento de estos recursos y permitir la interacción con otras colecciones científicas, el presente trabajo tiene como propósito dar a conocer el inventario de aves.

Colecciones de aves

Esta colección inicial fue incrementada constantemente por los curadores de la colección ornitológica, colaboradores, interesados, y por material depositado por investigadores extranjeros que realizaron estudios y/o canjes a lo largo de la historia.

La colección de pieles de aves se comenzó a constituir en el año 1876 por el fundador del Museo de Historia Natural de Valparaíso, Sr. Eduardo de la Barra. A través de la historia, la colección tuvo aportes de diversos científicos que aumentaron el número de la colección consistentemente, ejemplo de ello es la colección de Carlos Rahmes de 32 ejemplares recolectados entre los años 1905 y 1911.

También, el museo comienza a tener canjes internacionales de colecciones biológicas además de la creación de las mismas, por lo cual en el año 1928 se encarga al taxidermista el Sr. José Carpeneto la formación de las pieles de estudio del museo, quien en su arduo trabajo de más de 40 años logra aumentar la colección considerablemente, dejando un legado científico incalculable para el museo.

De esta colección solo existe un único catalogo publicado en el año 1975 (Avalos, 1975), el cual indica un total de 770 ejemplares de pieles de aves, incluyendo exclusivamente especies del territorio nacional. Avalos realiza un inventario que contempla los años 1929 al 1975, registrando un total de 117 especies, 91 géneros y 41 familias. Transcurrido 41 años se hace necesario realizar una actualización de la colección con el objetivo de determinar la riqueza presente en el museo.

METODOLOGÍA

La actualización del inventario de pieles de aves considero dos fases (1) ordenamiento de especies y (2) morfometría de cada individuo.

El inventario y estudio de la avifauna del Museo de Historia Natural de Valparaíso se realizó en un periodo de un año (2015-2016) enmarcándose en la colección de pieles de aves.

Fase 1: El inventario se inició con la separación por especie de los ejemplares, luego se realizó una matriz para la categorización taxonómica de la especie. Se registraron todas las especies de aves presentes en el museo durante el tiempo estudiado.

Fase 2: Por otro lado se realizó el estudio morfométrico en todas las especies de pieles de aves presentes en el museo, se midió la longitud, altura y anchura del pico, así como la longitud del ala aplanada a cada uno de los especímenes, siempre que su estado de conservación lo permitiera. Las medidas fueron tomadas siempre por la misma persona. La longitud del pico se midió desde su extremo más distal hasta donde comienza la línea de plumas en su base (culmen expuesto). La altura y anchura del pico se midieron en la base de dicha estructura tomando como referencia la misma línea de plumas. El ala se midió plegada y aplanada, desde la articulación del carpo hasta la punta externa de la décima primaria. Las medidas relacionadas con el pico fueron obtenidas con un pie de metro (± 0,01 mm) y para el ala aplanada se utilizó una regla (± 1 mm). A cada individuo se le asignó un número de inventario correlativo con el sufijo MHNV seguido del número correspondiente, por ejemplo, MHNV 010.

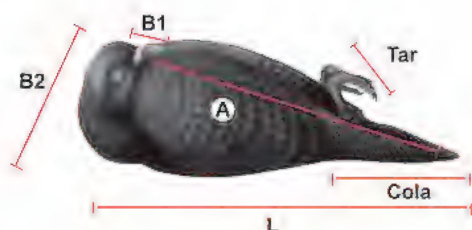


Figura 1: Medidas estándar utilizadas en todas las aves

Las medidas morfométricas utilizadas (Figura 1) son L: Largo total del ave, A: Ala, Tar: Tarso, B1: largo del pico, B2: Largo de cráneo y pico, Cola.

RESULTADOS

Se contabilizo un total de 855 pieles, de las cuales el 96.7% (827 pieles) se pudo obtener la información biológica, de colecta y taxonómica necesaria. Mientras que el 3.3% (28 pieles) no presento dicha información catalogándola como "Sin identificar".

Tabla 1.- Número de colecciones por orden taxonómico

Accipitriformes	61	Phoenicopteriformes	7
Anseriformes	38	Piciformes	16
Apodiformes	19	Podicipediformes	5
Caprimulgiformes	6	Procellariiformes	12
Charadriformes	199	Psittaciformes	8
Columbiformes	25	Sphenisciformes	6
Falconiformes	36	Strigiformes	25
Galliformes	7	Suliformes	10
Gruiformes	32	Tinamiformes	23
Passeriformes	251	Trochiliformes	3
Pelecaniformes	41	Sin determinar	28
Total: 21 ordenes			

Respecto a la composición taxonómica de la colección hay representación de 21 órdenes de las clases de aves (ver tabla 1), en el cual están representadas 50 familias con 123 géneros y 153 especies (ver tabla 2). La clasificación sistemática fue realizada a través de la base científica digital Avibase. Dicha base reúne las últimas actualizaciones de clasificaciones de avifauna presentes en el mundo.

Tabla 2.- Número de colecciones por familia

Accipitridae	55	Phoenicopteridae	7
Anatidae	38	Phylloscopidae	1
Ardeidae	25	Picidae	16
Caprimulgidae	6	Podicipedidae	7
Cathartidae	6	Procellariidae	6
Charadriidae	27	Psittaculidae	7
Columbidae	25	Rallidae	32
Corvidae	1	Recurvirostridae	2
Cotingidae	3	Rhynocryptidae	3
Diomedeidae	3	Scleruridae	5
Emberizidae	7	Scolopacidae	100
Falconidae	36	Spheniscidae	6
Fringillidae	14	Stercorariidae	3
Furnariidae	23	Strigidae	25
Haematodidae	6	Sulidae	3
Hiruninidae	5	Thamnophilidae	1
Icteridae	66	Thinocoridae	9
Laridae	52	Thraupidae	15
Mimidae	14	Threskiornithidae	7
Motacillidae	8	Tinamidae	23
Odontophoridae	7	Trochilidae	19
Paridae	1	Troglodytidae	5
Passeridae	2	Turdidae	21
Pelecanoidae	1	Tyrannidae	56
Phalacrocoracidae	16	sin identificar	29
Total : 123 Familias			

Las familias que presentaron el mayor número de especies fueron la Scolopacidae (playeros, zarapitos) con 100 especies y a continuación la familia Icteridae con 66 especies. Las menos representativas con un ejemplar por familia son Corvidae (*Perisoreus canadensis)*, Paridae (*Baeolophus bicolor*), Pelecanoidae (*Pelecanoides magellani*), Phylloscopidae (*Phylloscopus collybita*) y Thamnophilidae (*Hypocnemis cantator).*

Seis de las especies registradas son especies endémicas de Chile; Canastero (*Pseudasthenes humicola*), Chiricoca (*Ochetorhychus Melanudus*), Perdiz chilena (*Nothoprocta perdicaria*), Picaflor de Juan Fernández (*Sephanoides fernandensis*), Tapaculo (*Scelorchilus albicollis*) y Turca (*Pteroptochos megapodius*).

De las especies nativas registradas, dos datan del año 1905 e indican que fueron preparadas por Carlos Rahmes (110 años atrás). La primera se encuentra catalogada como MHNV 76, nombre común Colegial, Nombre científico *Lessonia rufa* registrado en la localidad de Angostura de san Gerónimo el 10 de octubre y la segunda está catalogada como MHNV 766 nombre común Chercán del Norte. Nombre científico Troglodytes aedon, recolectado en la localidad de Angostura de San Gerónimo el 31 de octubre.

Se detectaron especies en zonas actualmente diferentes a su hábitat, por ejemplo, los siete ejemplares de Flamencos (*Phoenicopterus chilensis*) presentes en la colección fueron encontrados en sector de Peñuelas y en la actualidad esta zona no alberga poblaciones grandes de esta especie.

Por otro lado, las especies más comunes del área son Playero Blanco (*Calidris alba*), Loica *(Sturnella loyca*)y Perdiz *(Nothoprocta perdicaria).*

La gran mayoría de los ejemplares son correspondientes al territorio chileno, solo un 2.9% de los ejemplares en colección pertenece a países extranjeros (Tabla 3). Los ejemplares del territorio chileno son mayoritariamente del litoral de la quinta región, aunque hay especies de todo Chile.

Tabla 3.- Cantidad ejemplares por país y región

País	**Región/Estado**	**Localidad**	**Cantidad**
Chile	Región de Arica y Parinacota	Putre	1
	Región de Atacama	Vallenar	2
	Región de Coquimbo	Coquimbo	1
		Pichidangui	1
	Región de Valparaíso	Valparaíso	28
		Casablanca	62
		Concón	225
		Curacaví	11
		Curaimilla	2
		Ibacache	3
		Isla Juan Fernández	2
		Calera	3
		Laguna Verde	4
		Las Salinas	8
		Limache	15
		Mantagua	9
		Montemar	7
		Peñablanca	3
		Peñuelas	169
		Placilla	1
		Playa Ancha	17
		Puchuncavi	1
		Putaendo	3
		Quilpué	7

País	Región/Estado	Localidad	Cantidad
		Quintero	84
		Reñaca	20
		San Pedro	2
		Tabolango	1
		Villa Alemana	7
		Viña del Mar	11
	Región Metropolitana	farellones	1
		Melipilla	5
		Angostura de San Gerónimo	10
	Región de O' Higgins	Coya	1
	Región del Bío-Bío	Bío-Bío	2
	Región del Araucanía	Pucón	3
	Región de los Lagos	Chiloé	1
		Ancud	1
		Osorno	1
	Región de Magallanes y Antártica Chilena	Isla decepción	3
		Isla Diego Ramírez	5
		Puerto Natales	1
Extranjeras			
Ecuador			5
Estados Unidos	Tennessee	Mackenzie	1
	Pensilvania	Pittsburgh	3
	California	San Diego	1
	Columbia	Washington	6
	Massachusetts	Tauton	1
	Virginia		6
Argentina		Mendoza	2
Sin registro de Localidad			86

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

1.- Estos resultados fueron comparados con el estudio de la publicación "Presentación de las aves de la colecciones del museo", Avalos (1975). Fecha en la cual se realizó el ultimo inventario de colecciones ornitológicas del MHNV, donde destaca el número de colecciones con 770 ejemplares de pieles que se distribuyen en 17 ordenes, 41 familias, 91 géneros y 117 especies y corresponden a las regiones 3a a 12a y Región Metropolitana. Se determina que el mayor porcentaje de ejemplares (97,2%) corresponde a individuos de la 5a región.

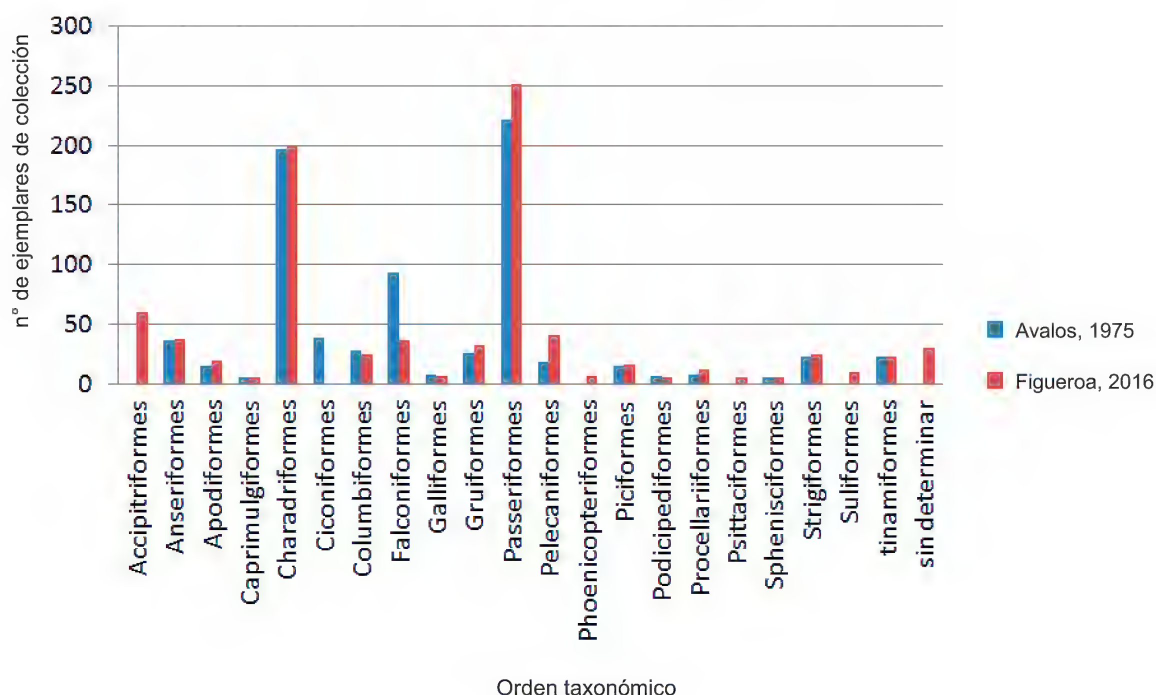
Se señala también, de acuerdo a la colección, que el mayor porcentaje de aves se registra para las localidades que van desde el litoral, como Valparaíso y Viña del mar.

2.- El Museo de Historia Natural de Valparaíso cobra importancia a nivel internacional, convirtiéndose en el segundo museo más antiguo de Chile y el más antiguo regional, lo que permite realizar convenios y canjes con otros museos a nivel nacional e internacional, haciendo crecer la diversidad de la colección.

En comparación con el inventario del año 1975 la colección ha aumentado en 85 ejemplares. Actualmente el Museo cuenta con ejemplares del Museo de Mendoza, Argentina; Colección Olalla y hermanos, Ecuador; Colección Carnegie Museum, Pittsburgh, Pennsylvania; Colección Rahmes; Museo Nacional de Historia Natural; Colección ornitológica Universidad Austral de Chile.

3.- Por otro lado, el inventario de colecciones a nivel de museos no puede tener una actualización con 41 años de diferencia. Ya sea por conservación de la colección (punto 1) o por taxonomía de las especies que cambian constantemente, el Museo se debe mantener en constante actualización.

Realizando un contraste de los órdenes taxonómicos de las aves presentes en el museo, se logra apreciar el significativo cambio de cantidades de algunas especies y los nuevos órdenes que se presentan.



Ordenes como Accipitriformes, Phoenicopteriformes, Psittaciformes y Suliformes aparecen como nuevos en contraste con el año 1975, pero ¿A qué se debe este cambio? El cambio se debe a que los estudios de relación filogenéticas moleculares actuales nos permite tener conocimiento de la genealogía, polaridad y divergencias evolutivas, no es que aparezcan nuevos órdenes. Dado que "la comparación de datos anatómicos, conductuales y moleculares, por ejemplo, pueden dar un panorama acerca de los procesos que gobiernan el cambio evolutivo" (Wyles, 1983).

Tal como se ve en el gráfico, la disminución del genero Falconiformes y la "aparición" del Accipitriformes están completamente ligados. Algunos taxónomos distinguen el orden Ac*cipitriformes (forma de águila)* de los *falconiformes (forma de halcón)* mientras tanto, otros, los consideran solo uno ya que ambas son aves rapaces diurnas, diferenciándose a simple vista solo por el tamaño.

En la clasificación realizada por el ornitólogo estadounidense Clements (2008), no existe el orden Accipitriformes y todas las familias de rapaces están en el orden Falconiformes. Sin embargo, el congreso Ornitológico internacional (COI) en marzo del 2011 separó los *Falconidae* en su propio Orden (*Falconiformes*), agrupando el resto de familias en el orden *Accipitriformes*, dejando de esta manera los rapaces diurnos separados en dos órdenes. Lo mismo sucede en caso del nuevo orden Cathartiformes, antes también perteneciente al orden Falconiformes, según el comunicado de la American Ornithologists' Union (AOU) en julio del presente año 2016, el análisis filogenético de la secuencia de ADN mitocondrial y nuclear demuestran que la familia Cathartidae debe situarse dentro de su orden propio.

El listado oficial con la determinación se encuentra en el siguiente listado donde se detallan los órdenes, familias y especies; se indica entre paréntesis la cantidad por ejemplar y la localidad.

Colección de Pieles

I. *Accipitriformes*

1. *Accipitridae*

*Geranoaetus melanoleucus (*Viellot, 1819) Aguila (13); (5ª y RM)

Geranoaetus polyosoma (Quoy & Gaimard, 1824) Aguilucho (7); (5ª Y 4ª)

Elanus Leucurus (Vieillot, 1818) Bailarín (5); (5ª)

Circus cinereus (Vieillot, 1816) Vari (7); (5ª)

Accipiter striatus (Vieillot, 1808) Gavilán americano (1); Extranjera

Buteo jamaicensis (Gmelin, 1788) Gavilán colirrojo (1); Extranjera

Parabuteo unicinctus (Temminck, 1824) Peuco (20); (3ª, 5ª y RM)

Accipiter gentilis (Linnaeus, 1758) Azor (1); Extranjera

2. *Cathartidae*

Cathartes aura (Linnaeus, 1758) Jote cabeza colorada (1); (RM)

Coragyps atratus (Bechstein, 1793) Jote (5); (5ª)

II. *Anseriformes*

3. *Anatidae*

Chloephaga rubidiceps (Sclater, 1861) Avutarda colorada (1); (12ª)

Cygnus melanocoryphus (Molina, 1782) Cisne de cuello negro (1)

Merganetta armata (Gould, 1842) Pato cortacorrientes (1); (10ª)

Spatula platelea (Vieillot, 1816) Pato cuchara (1); (5ª)

Anas geórgica (Gmelin, 1789) Pato jergón grande (8); (5ª y 9ª)

Oxyura ferruginea (Eyton, 1838) Pato rara pico ancho (10): (5ª)

Oxyura vittata (Phillipi, 1860) Pato rara pico delgado (6); (5ª)

Mareca sibilatrix (Poeppig, 1829) Pato real (9); (5ª y 9ª)

Tachyeres pteneres (Forster, 1844) Pato quetru no volador (1); (10ª)

III. *Apodiformes*

4. *Trochillidae*

Sephanoides sephanoides (Lesson, 1827) Picaflor chico (12); (5ª)

Patagona gigas (Vieillot, 1824) Picaflor gigante (4); (5ª)

Sephanoides fernandensis (King, 1831) Picaflor de Juan Fernandez (3); (5ª)

IV. *Caprimulgiformes*

5. *Caprimulgidae*

Caprimulgus longirostris (Bonaparte, 1825) Gallina ciega (5); (5ª)

Chordeiles minor (Forster, JR, 1771) Añapero Yanqui (1); Extranjero

V. *Chadriiformes*

6. *Charadriidae*

Charadrius modestus (Lichtenstein, 1823) Chorlo chileno (4); (5ª)

Charadrius alexandrinus (Linnaeus, 1758) Chorlo Nevado (11); (5ª)

Vanellus chilensis (Molina, 1782) Queltehue común (12); (5ª)

7. *Haematopodidae*

Haematopus palliatus (Temminck, 1820) Pilpilén común (6); (5ª)

8. *Laridae*

*Chroicocephalus serranus (*Tschudi, 1844) Gaviota andina (7); (5ª)

Chroicocephalus maculipennis (Lichtenstein, 1823) Gaviota Cahuil (2); (5ª)

Leucophacus scoresbii (Traill, 1823) Gaviota austral (1); (12ª)

Leucophaeus pipixcan (Wagler, 1831) Gaviota de Franklin (4); (5ª)

Larus dominicanus (Lichtenstein, 1823) Gaviota dominicana (7); (5ª)

Leucophaeus modestus (Tschudi, 1843) Gaviota garuma (11); (5ª)

Sterna hirundinacea (Lesson, 1831) Gaviotín (2); (5ª)

Sterna trudeaui (Audubon, 1838) Gaviotín piquerito (5); (5ª)

Rynchops niger (Linnaeus, 1758) Rayador (13); (5ª)

9. *Recurvirostridae*

Himantopus melanurus (Viellot, 1817) Perrito (2); (5ª)

10. *Scolopacidae*

Gallinago paraguaiae (Vieillot, 1816) Becacina (10); (5ª)

Arenaria interpres (Linnaeus, 1758) Chorlo vuelvepiedras (1); (5ª)

Tringa melanoleuca (Gmelin, 1789) Pitotoy grande (1); (5ª)

Tringa flavipes (Gmelin, 1789) Pitotoy chico (6) ;(5ª)

Calidris alba (Pallas, 1764) Playero blanco (47); (5ª)

Calidris bairdii (Coues, 1861) Playero de Baird (15); (5ª)

Phalaropus fulicarius (Linnaeus, 1758) Pollito de mar rojizo (3); (5ª)

Numenius phaeopus (Linnaeus, 1758) Zarapito común (18) ;(5ª)

11. *Stercorariidae*

Stercorarius chilensis (Bonaparte, 1857) Salteador chileno (1); (5ª)

Stercorarius antarcticus lonnbergi (Mathews, 1912) Salteador pardo (2); (12ª)

12. *Thinocoridae*

Thinocorus rumicivorus (Eschscholtz, 1829) Perdicita (2); (5ª)

Thinocorus orbignyianus (Geoffroy Saint-Hilaire y Lesson, 1831) Perdicita cojón (7); (5ª)

VI. *Columbiformes*

13. *Columbidae*

Patagioenas araucana (Lesson & Garnot, 1827) Torcaza (4); (5ª)

Zenaida auriculata (Des Murs, 1847) Tórtola (18); (5ª)

Columbina picui (Temminck, 1813) Tortolita cuyana (3); (5ª)

VII. *Falconiformes*

14. *Falconidae*

Falco sparverius (Linnaeus, 1758) Cernícalo (14); (5ª)

Falco *columbarius* (Linnaeus, 1758) Esmerejón (1); extranjero

Falco femoralis (Temminck, 1822) Halcón perdiguero (3); (5ª)

Phalcoboenus chimango (Vieillot, 1816) Tiuque (18); (5ª)

VIII. *Galliformes*

15. *Odontophoridae*

Callipepla califórnica (Shaw, 1798) Codorniz (7); (5ª)

IX. *Gruiformes*

16. *Rallidae*

Pardirallus sanguinolentus (Swainson, 1838) Pidén común (3); (5ª)

Laterallus jamaicensis salinasi (Phillippi, 1857) Pidencito (2); (5ª)

Fulica leucoptera (Vieillot, 1817) Tagua chica (1); (5ª)

Fulica armillata (Vieillot, 1817) Tagua común (3); (5ª)

Fulica armillata (Philippi & Landbeck, 1861) Tagua frente roja (10); (5ª)

Gallinula melanops (Vieillot, 1819) Taguita (13); (5ª)

X. Passeriformes

17. *Corvidae*

Perisoreus canadensis (Linnaeus, 1766) Arrendajo gris (1); Extranjera

18. *Cotingidae*

Phytotoma rara (Molina, 1782) Rara (3); (5ª)

19. *Emberizidae*

Zonotrichia capensis (Muller, 1776) Chincol (7); (5ª)

20. *Fringillidae*

Spinus barbatus (Molina, 1782) Jilguero (14); (5ª)

21. *Furnariidae*

Upacerthia dumetaria (Geoffroy Saint-Hilaire, 1832) Bandurrilla común (2); (5ª)

Pseudasthenes humícola (Von Kittlitz, 1830) Canastero común (1); (5ª)

Asthenes anthoides (King, 1831) Canastero del sur (3); (5ª)

Asthenes pyrrholeuca (Vieillot, 1817) Canastero cola larga (1);

Ochetorhychus Melanudus (Gray, 1846) Chiricoca (1); Endémica

Cinclodes patagonicus (Gmelin, 1789) Churrete común (7); (5ª)

Cinclodes antarcticus (Garnot, 1826) Churrete Austral (2): (12ª)

Leptasthenura aegithaloides (Kittlitz, 1830) Tijeral (4); (5ª)

Phleocryptes melanops (Vieillot, 1817) Trabajador común (2); (5ª)

22. *Hiruninidae*

Tachycineta meyeni (Cabanis, 1850) Golondrina chilena (4); (5ª)

Progne elegans (Baird, 1865) Golondrina negra (1);

23. *Icteridae*

Leistes loyca (Molina, 1782) Loica (35); (5ª)

Molothrus bonariensis (Gmelin, 1789) Mirlo (6); (5ª y RM)

Curaeus curaeus (Molina, 1782) Tordo (16); (5ª)

Agelaius phoeniceus (Linnaeus, 1766) Tordo sargento (1); Extranjera

Agelaius thilius (Molina, 1782) Trile (6); (5ª)

24. *Mimidae*

Dumetella carolinensis (Linnaeus, 1766) Mimido gris (1); Extranjera

Mimus thenca (Molina, 1782) Tenca (13); (5ª)

25. *Motacillidae*

Anthus correndera (Vieillot, 1818) Bailarín chico (8); (5ª)

26. *Paridae*

Baeolophus bicolor (Linnaeus, 1766) Herrerillo bicolor (1); Extranjera

27. *Passeridae*

Passer domesticus (Linnaeus, 1758) Gorrión (1); (5ª)

Junco Hyemalis (Linnaeus, 1758) Junco ojioscuro (1); Extranjero

28. *Phylloscopidae*

Phylloscopus collybita (Vieillot, 1817) Mosquitero común (1); Extranjero

29. *Rhynocryptidae*

Scelorchilus albicollis (Kittlitz, 1830) Tapaculo (1)

Pteroptochos megapodius (Kittlitz, 1830) Turca (2); Endémica

30. *Scleruridae*

Geositta cunicularia (Vieillot, 1816) Minero común (5); (5ª)

Geositta tenuirostris (Lafresnaye, 1836) Minero de pico delgado (1); (6ª)

31. *Thamnophilidae*

Gymnopithys leucaspis (PL Sclater, 1855) Hormiguero bicolor (1); Extranjero

32. *Thraupidae*

Sicalis luteola (Meyen, 1834) Chirihue (5); (5ª)

Sicalis luteola (Philippi, RA & Landbeck, 1864) Chirihue dorado (2); (RM)

Diglossa brunneiventris (Lafresnaye, 1846) Comesebo negro (1)

Diuca diuca (Molina. 1782) Diuca (3); (5ª)

Rhopospina alaudina (Kittlitz, 1833) Platero (2); (5ª)

Rhopospina fruticeti (Kittlitz, 1833) Yal (2); (5ª)

33. *Troglodytidae*

Troglodytes musculus (Vieillot, 1809) Chercán (3); (5ª)

Troglodytes aedon (Vieillot, 1809) Chercán del norte (1)

Thryothorus ludovicianus (Latham, 1790) Ratona corolinense (1); Extranjera

34. *Turdidae*

Turdus migratorius (Linnaeus, 1766) Mirlo primavera (1); Extranjera

Turdus Falcklandii (Lafresnaye & D'Orbigny, 1824) Zorzal patagónico (19); (5ª)

Turdus chiguanco (Lafresnaye & D'Orbigny, 1837) Zorzal negro (1)

35. *Tyrannidae*

Sayornis *phoebe* (Latham, 1790) Mosquero fibí (1); Extranjera

Anairetes parulus (Kittlitz, 1830) Cachudito (7); (5ª)

Lessonia rufa (Gmelin, 1789) Colegial (9); (5ª)

Xolmis pyrope (Kittlitz, 1830) Diucón (12); (5ª)

Muscisaxicola maculirostris (D'Orbigny & Lafresnaye, 1837) Dormilona chica (4); (5ª)

Muscisaxicola rufivertex (D'Orbigny & Lafresnaye, 1837) Dormilona nuca rojiza (1)

Agriornis lividus (Kittlitz, 1835) Mero (8); (5ª)

Empidonax flaviventris (Baird, 1843) Mosquero ventriamarillo (1); Extranjera

Contopus virens (Linnaeus, 1766) Pibí oriental (1); Extranjera

Hymenops perspicillata (Gmelin, 1789) Run run (3); (5ª)

Tachuris rubrigastra (Vieillot, 1817) Siete colores (8); (5ª)

Tyrannus tyrannus (Linnaeus,1758) Tirano oriental (1); Extranjera

XI. *Pelecaniformes*

36. *Ardeidae*

Egretta thula (Molina, 1782) Garza chica (6); (5ª y RM)

Ixobrychus involucris (Vieillot, 1823) Huairavillo (1); (5ª)

Nycticorax nycticorax (Linnaeus, 1758) Huairavo (28); (5ª)

37. *Phalacrocoracidae*

Phalacrocorax gaimardi (Lesson & Garnot, 1828) Lile (2); (5ª)

Phalacrocorax brasilianus (Gmelin, 1789) Yeco (4); (5ª)

38. *Sulidae*

Sula variegata (Tschudi, 1843) Piquero 3; (5ª)

39. *Threskiornithidae*

Theristicus melanopis (Gmelin, 1789) Bandurria (1); (1ª)

Plegadis Chihi (Vieillot, 1817) Cuervo de pantano (6); (5ª y RM)

XII. *Phoenicopteriformes*

40. *Phoenicopteridae*

Phoenicopterus chilensis (Molina, 1782) Flamenco (7); (5ª)

XIII. *Piciformes*

41. *Picidae*

Veniliornis lignarius (Molina, 1782) Carpinterito (8); (5ª)

Campephilus magellanicus (King, 1827) Carpintero negro (1)

Colaptes pitius (Molina, 1782) Pitío (7); (5ª)

Veniliornis lignarius (Molina, 1782) Carpinterito (8); (5ª)

Campephilus magellanicus (King, 1827) Carpintero negro (1)

Colaptes pitius (Molina, 1782) Pitío (7); (5ª)

XIV. *Podicipediformes*

42. *Podicipedidae*

Podiceps *occipitalis* (Garnot, 1826) Blanquillo (2); (5ª)

Podilymbus podiceps (Linnaeus, 1758) Picurio (2); (5ª)

Rollandia Rolland chilensis (Lesson, 1828) Pimpollo (1); (5ª)

XV. Procellariiformes

43. *Diomedeidae*

Diomedea epophora (Lesson, 1825) Albatro real (1); (5ª)

Thalassarche melanophrys (Temminck, 1828) Albatro ceja negra (1); (5ª)

Thalassarche chrysostoma (Forster, 1785) Albatro cabeza negra (1); (5ª)

44. *Pelecanoidae*

Pelecanoides magellani (Mathews, 1912) Yunco de Magallanes (1); (12ª)

45. *Podicipedidae*

Podiceps major (PieterBoddaert, 1783) Huala (2); (5ª)

46. *Procellariidae*

Puffinus bulleri (Salvin, 1888) Fárdela dorso gris (1); (5ª)

Procellaria aequinoctialis (Linnaeus, 1758) Fárdela negra grande (1); (5ª)

Macronectes giganteus (Gmelin, 1785) Petrel antártico gigante (2); (5ª)

Halobaena caerulea (Gmelin, 1789) Petrel azulado (1); (12ª)

Daption capense (Linnaeus, 1758) Petrel motiado (1); (12ª)

XVI. *Psittaciformes*

47. *Psittaculidae*

Melopsittacus undulatus (Shaw, 1805) Periquito común (7)

48. *Psittacidae*

Psilopsiagon aurifrons (Lesson, 1831) Perico cordillerano (1)

XVII. Sphenisciformes

49. *Spheniscidae*

Spheniscus humboldti (Meyen, 1834) Pingüino de Humboldt (6), (5ª)

XVIII. Strigiformes

50. *Strigidae*

Glaucidium namun (King, 1828) Chuncho (4); (5ª)

Asio flammeus (Pontoppidan, 1763) Nuco (10); (5ª y Extranjera)

Athene cunicularia (Molina, 1782) Pequén (6); (5ª)

Bubo magellanicus (Lesson, 1828) Tucuquere (4); (5ª)

XIX. Suliformes

51. *Phalacrocoracidae*

Phalacrocorax bougainvillii (Lesson, 1837) Cormoran guanay (9); (5ª)

Phalacrocorax atroceps (King, 1828) Cormoran imperial (1); (10ª)

XX. Tinamiformes

52. *Tinamidae*

Nothoprocta perdicaria (Kittlitz, 1830) Perdiz (23); (5ª)

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Fodim SM-A-39-adm 2015 de la Subdirección de Museos, DIBAM.

REFERENCIAS

Avalos, A. 1975. Presentación de las aves de la colección del Museo. Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (8): 9-16.

Barreiro, J. 1997. Las colecciones de aves y mamíferos del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Graellsia (53): 101-106.

Chapin, J. 1965. Conservación de aves para el estudio. Serie educativa del Museo Nacional de Historia Natural (4): 1-46.

Chávez, N., Gurrola, M. y García, J. 1996. Catálogo de aves no Passeriformes de la colección ornitológica del Instituto de Biología, UNAM. Cuadernos del Instituto de Biología. UNAM (30): 1-145.

Denis, L. 2016. Avibase - The world bird database. Disponible en http://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp [Consultado: Octubre, 2016].

Garrigues, R., Martínez y Morata, A. 1990. Introducción al estudio de la biología del Azor ('Accipiter gentilis', L., 1758) en Alabecete. Al-Basit: Revista de estudios albacetenses (27): 123-162.

Perrins, C. 1991. Catalogo ilustrado de las aves. En: Enciclopedia ilustrada de las aves. (Perrins, C.) Barcelona: Plaza & Janés, pp. 42-365.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 29, 2016. Páginas 104-119
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

EL ORIGEN BIOLÓGICO DEL PUEBLO RAPANUI: ¿POLINESIA O SUDAMÉRICA?

Erika Hagelberg*

Resumen: Desde la primera mitad del siglo XX, médicos y genetistas han realizado estudios genéticos sobre el pueblo de Rapa Nui para ayudar a entender el origen de los primeros pobladores. Este artículo es una revisión de estas encuestas, desde los primeros estudios de grupos sanguíneos, hasta los análisis modernos del genoma de los actuales habitantes. La mayoría de estos estudios coinciden en que la población de Rapa Nui es principalmente de origen polinesio, pero tiene un componente de Europa y América del Sur, probablemente debido a la mezcla con inmigrantes tras el colapso de la población en el siglo XIX. Análisis recientes utilizando sofisticadas técnicas moleculares y bioinformáticas ahora sugieren la existencia de contactos a través del Pacífico entre Sudamérica y Rapa Nui, ya en tiempos prehistóricos.

Palabras claves: Genética humana, ADN, poblaciones, genoma, polinesia, Rapa Nui.

Abstract: Since the first half of the twentieth century, medical scientists and geneticists have performed genetic studies on the people of Rapa Nui to help understand the origin of the first settlers. This article is a review of these studies, from early surveys of blood groups, to current analyses of the complete genomes of the present inhabitants. Most of these studies agree that the current Rapa Nui population is mostly of Polynesian origin, but has a European and South American component, probably due to admixture with immigrants following the population collapse in the nineteenth century. Recent analyses using sophisticated molecular and bioinformatics techniques have now suggested the occurrence of trans-Pacific contacts between South America and Rapa Nui already in prehistoric times.

Keywords: Human genetics, DNA, Populations Genome, Polynesia, Rapa nui.

* Department of Biology, University of Oslo, PO Box 1066 Blindern, 0316 Oslo, Norway (erika.hagelberg@ibv.uio.no).

INTRODUCCIÓN

Rapa Nui es la isla habitada más remota del mundo. Su aislamiento, sus estatuas gigantes y misteriosas, su extraordinaria cultura material, y la pérdida de tradiciones causada por las múltiples calamidades durante el siglo XIX, han ayudado a crear incontables mitos y teorías sobre el origen de los antepasados de la población rapanui. ¿Cómo explicar el modo y la ruta de poblamiento de los primeros habitantes de la isla? ¿Quiénes fueron esos navegantes, capaces no solo de sobrevivir el aislamiento, sino que también de desarrollar una cultura organizada, auto-suficiente, y capaz de crear enormes obras de arte y arquitectura? En “La Tierra de Hotu Matu'a”, el Padre Sebastián Englert hace la misma pregunta, y comenta…“He aquí uno de los temas más discutidos y al mismo tiempo más apasionantes de la historia del Pacífico, tema de fundamental importancia y del más vivo interés, que aún no ha podido ser esclarecido de manera absolutamente perfecta y completa.” (Englert, 1983:15).

Las explicaciones han sido y continúan siendo tan abundantes como diversas, e incluyen teorías fantásticas sobre migraciones de gigantes de ojos azules, o de seres de otros planetas. Exploradores, arqueólogos, antropólogos, filólogos, historiadores, médicos, y especialistas de toda pinta han contribuido con sus especulaciones y opiniones al debate, y continuarán haciéndolo en el futuro. Es interesante notar como la gama de estudios sobre la isla y sus habitantes reflejan el desarrollo mismo de las ciencias en el transcurso de los dos últimos siglos.

La mayoría de los científicos actuales coinciden en que las islas de Polinesia, incluso Rapa Nui, fueron colonizadas por navegantes prehistóricos provenientes del sudeste asiático, y asociados con un complejo cultural llamado Lapita, que tiene varias características en común: un modo sofisticado de navegar, una serie de animales domésticos (el perro, la gallina y el cerdo), diversos cultivos alimentarios, diseños característicos, y el habla de lenguajes de la familia malayo-polinesia (Bellwood, 1989). La similitud entre los rapanui y las diversas poblaciones del Pacífico fue reconocida ya por el explorador inglés James Cook cuando, después de una breve estancia en la isla en marzo de 1774, describió a los habitantes en su diario…“En su color, características y lenguaje, tienen tal afinidad con los pueblos de las islas más occidentales, que nadie va a dudar que han tenido el mismo origen. Es extraordinario como la misma nación pudo haberse extendido sobre todas las islas en este vasto océano, desde Nueva Zelanda a esta isla, una distancia de casi una cuarta parte de la circunferencia del globo.” (Cook, 1777:290).

Un punto de vista algo distinto, aunque bien conocido, fue popularizado por el explorador noruego Thor Heyerdahl (Heyerdahl, 1952). Aunque Heyerdahl estaba de acuerdo en que la mayoría de los rapanui actuales eran de origen polinesio, en sus escrituras abogaba que los primeros pobladores fueron navegantes pre-incas provenientes de la región del lago Titicaca en Perú. Heyerdahl describió la similitud entre el estilo arquitectónico de los ahu (notablemente Ahu Vinapu) y varias plataformas prehistóricas en Perú. En su expedición Kon-Tiki de 1947, Heyerdahl y cinco compañeros cruzaron el mar Pacífico en una humilde balsa, desde Callao en Perú hasta el atolón Raroia en las islas Tuamotu, y así demostraron la viabilidad de un viaje por mar desde Sudamérica hasta la Polinesia, en un barco primitivo y sin modernos instrumentos de navegación (Heyerdahl, 1950). No obstante el éxito de esta hazaña, y del reconocimiento por parte de arqueólogos como Peter Bellwood que el estilo de algunos de los ahu indica posibles contactos con Sudamérica (Bellwood, 1987), otros escritores, por ejemplo Paul Bahn, opinan que en virtud de su extraordinaria lejanía, es improbable que Rapa Nui fuera alcanzada más de una o dos veces durante su prehistoria (Bahn y Flenley, 1992). En general, la evidencia de contactos entre Rapa Nui y Sudamérica en tiempos prehistóricos ha sido en gran medida circunstancial.

El colapso de la población rapanui durante el siglo XIX y las depredaciones del medio ambiente causadas por décadas de explotación ganadera, han destruido gran parte de la evidencia biológica y cultural necesaria para reconstruir el pasado, y han contribuido a aumentar el aura de misterio que rodea la isla. Esto ha espoleado a generaciones de biólogos, antropólogos e investigadores médicos para aplicar todo tipo de técnicas científicas a la cuestión de los orígenes y afinidades genéticas de los primeros pobladores.

Los primeros estudios poblacionales se basaron en las mediciones de cráneos típicas en estudios antropológicos en el siglo XIX y primera parte del siglo XX. Los exploradores y científicos recogieron cráneos de sitios de enterramientos prehistóricos, y éstos todavía enriquecen las colecciones en los museos del mundo. Más tarde se llevaron a cabo excavaciones

sistemáticas, como por ejemplo, durante la Expedición Arqueológica Noruega de 1955 a 1956, y la Expedición Antropológica de la Isla de Pascua de 1981 (bajo la dirección de George Gill, e inspirada por William Mulloy), con el objetivo expreso de coleccionar material antropológico. Posteriormente, un gran número de esqueletos completos y bien documentados fueron sometidos a un amplio rango de estudios biológicos y análisis craneométricos (por ejemplo, Murrill, 1965; Gill y Owsley, 1993; Clow, et al. 1998). Los resultados de estos estudios han demostrado que la población rapanui tiene rasgos físicos muy parecidos a los de las poblaciones del resto de Polinesia (Howells, 1973; Stefan, 2000) y descarta una mayor influencia peruana. Sin embargo, quedan muchas dudas sobre los detalles particulares del origen de los primeros pobladores. El debate continua sobre el alcance del aporte cultural y genético de Sudamérica a las poblaciones de la Polinesia y Rapa Nui.

No sólo la población prehistórica ha sido objeto de estudios de antropología física, sino también se han efectuado numerosos análisis en la población más contemporánea, empezando con estudios sobre los grupos sanguíneos durante las primeras décadas del siglo XX hasta los sofisticados análisis de ADN que se efectúan actualmente.

Este artículo es una revisión de los estudios genéticos que se han hecho sobre la población de Rapa Nui.

Tengo un interés particular en esta materia, tanto científico como personal: a la edad de doce años leí la narración escrita por Thor Heyerdahl sobre su cruce del Pacífico, "La expedición de la Kon-Tiki" (Heyerdahl, 1950). Por medio de este libro empecé a descubrir el mundo del océano Pacífico, su historia natural, clima, geografía e ideas sobre su poblamiento, y por primera vez me enteré de una pequeña isla, "Te Pito Te Henua", o el ombligo del mundo, y de su misteriosa cultura prehistórica. Pienso que este libro influenció la dirección de mis estudios, y más tarde mi propia carrera científica. Años después, me encontré en Oxford, Inglaterra, trabajando en un proyecto usando técnicas de genética molecular para investigar los patrones de migración de las poblaciones del Pacífico. En 1994 publiqué junto a varios colegas un artículo describiendo los resultados de un estudio a base de ADN extraído de restos óseos prehistóricos, que demostraba que los linajes maternos de los rapanui eran polinesios, y no sudamericanos (Hagelberg, et al. 1994). Durante los años siguientes seguí trabajando en el tema del Pacífico, analizando ADN en poblaciones actuales y prehistóricas. He continuado desarrollando mi interés en el Pacífico, y en 2014 tuve el gran placer de visitar Rapa Nui por primera vez, cuando acompañe a un trabajo de campo efectuado por los genetistas Andrés Moreno-Estrada y María Ávila, y el sociólogo Gerardo Sánchez Romero. Este articulo, en español, es una de las consecuencias de esa visita porque quedé conciente del gran interés que tienen los isleños en los estudios que se han efectuado sobre sus origenes prehistóricos.

En este artículo, intentaré presentar un sumario de los estudios genéticos basados en poblaciones del Pacífico, con un enfoque especial en el poblamiento de Rapa Nui. Inevitablemente, mi narración será selectiva, pero espero dar una visión de los tipos de investigaciones que se han llevado a cabo, y las técnicas utilizadas. Advertencia: usaré términos como "sangre pura" o "raza" si fueron utilizados por los investigadores originales, aunque ya no se usan generalmente, y carecen de significado biológico. Otros términos que pueden considerarse problemáticos son los que se usan para describir a las personas de diversas etnias del cono sur americano, como indio americano, amerindio o indígena sudamericano. Este artículo está basado en gran parte en el capítulo "Genetic Affinities of the Rapanui", en el libro "Skeletal Biology of the Ancient Rapanui (Easter Islanders)" editado por Vincent Stefan y George Gill, y publicado por Cambridge University Press (Hagelberg, 2016).

GRUPOS DE SANGRE Y OTROS MARCADORES GENÉTICOS CLÁSICOS

A principios del siglo XX, el médico y científico austríaco Karl Lansteiner notó que la sangre de dos personas, al ser mezclada, es capaz de aglutinarse, o coagularse. Landsteiner descubrió que ese fenómeno era causado por diferencias en la sangre, e identificó los grupos sanguíneos que constituyen el sistema ABO (Lansteiner, 1901). Esto fue sumamente importante porque una transfusión de sangre entre personas de un grupo distinto resulta en la destrucción de las células sanguíneas. Pocos años más tarde, se efectuó la primera transfusión de sangre exitosa. No solo fue este descubrimiento importante para salvar vidas (en 1930 Landsteiner fue recompensado con el Premio Nobel de Fisiología y Medicina), sino que también se encontró un marcador genético extremadamente útil para estudios poblacionales.

	A	B	O
A	AA	AB	AO
B	AB	BB	BO
O	AO	BO	OO

Figura 1. Los cuatro grupos sanguíneos del sistema ABO (A, B, O, AB) se componen de las propiedades de aglutinación de los dos componentes A y B: A, B, una mezcla de los dos (AB), o la ausencia de los dos (O). Cada persona tiene dos copias (alelos) de cada característica genética, una heredada del padre y una de la madre. La mezcla de alelos de generación en generación produce nuevas combinaciones de los alelos en los hijos, como se ve en este simple diagrama. Los alelos A y B son dominantes, y O es recesivo; esto significa que una persona con el genotipo AA ó AO tendrá el fenotipo A, una persona con BB ó BO tendrá el fenotipo B, una persona con AB tendrá un fenotipo AB (porque A y B son co-dominantes), y solo las personas con el genotipo OO pueden tener el fenotipo O.

Los grupos sanguíneos fueron los marcadores genéticos predilectos, hasta ser reemplazados por las técnicas de ADN en los 1980s, porque no cambian durante toda la vida de la persona, son independientes del medio ambiente, y se heredan de un modo simple, como se describe en la figura 1 (Dungern y Hirshfeld, 1910). En un amplio estudio abarcando más de 8000 soldados y refugiados de diversas nacionalidades en la primera guerra mundial, la pareja Ludwik y Hanka Hirschfeld mostraron que la frecuencia de los grupos sanguíneos ABO variaba en las diferentes poblaciones de estudio, que ellos llamaron razas. Por ejemplo, en la India hay una alta frecuencia de grupo B, mientras los belgas tienen baja frecuencia del mismo. Los científicos se dieron cuenta que las frecuencias de grupos sanguíneos en poblaciones actuales resultan de la migración y la mezcla (Hirschfeld y Hirschfeld, 1919). Este fue el primer intento de obtener información histórica de las frecuencias de grupos sanguíneos, y marcó el inicio de varias décadas de investigación antropológica, cuyo alcance creció gradualmente con la identificación de nuevas proteínas y enzimas en la sangre, incluyendo MN, Rh, haptoglobina, transferrina, y otras.

Estos marcadores, descubiertos antes del desarrollo de técnicas de ADN, se conocen comúnmente como "marcadores genéticos clásicos". A esta categoría pertenecen también los abundantes polimorfismos en el sistema antígeno leucocitario humano (HLA) caracterizadas originalmente por métodos serológicos. Los resultados de décadas de investigación sobre los marcadores genéticos clásicos en diversas poblaciones del mundo están compiladas en el voluminoso "History and Geography of Human Genes" (Historia y Geografía de Genes Humanos) por Lucca Cavalli-Sforza, et al. (1994).

En las primeras décadas del siglo XX, científicos y antropólogos empezaron a usar las nuevas herramientas genéticas para entender mejor las diferencias entre grupos poblacionales. Las islas del Pacífico fueron áreas de gran interés desde el inicio porque se pueden considerar laboratorios naturales para investigar la variación y las migraciones de poblaciones humanas, tanto por su aislamiento, como porque las islas más remotas fueron las últimas partes del mundo en ser pobladas por el ser humano (Kirk, 1989).

En una revisión de la genética de los rapanui, Cruz-Coke (1989) señala que los isleños tienen un alto grado de homocigosidad (cuando distintas personas comparten los mismos rasgos genéticos), típico de otras poblaciones endogámicas que estuvieron relativamente aisladas hasta recientemente. Un censo realizado en 1886 contó sólo 108 habitantes, con cerca de 35 mujeres en edad fértil, y todos menos cinco de ellos afirmaban ser de "sangre pura". Desde 1864 en adelante, colonos y misioneros empezaron a ocupar la isla, así como migrantes de Tahití y las Tuamotu, y ya en 1934 dos tercios de los habitantes se definían como "híbridos". Varias genealogías cuidadosamente trazadas desde principios del siglo XX indican que los isleños evitan estrictamente los matrimonios consanguíneos (aún más estrictamente que las normas establecidas por la Iglesia Católica), y probablemente esto fue así desde la prehistoria. Los contactos con el continente han aumentado enormemente durante las últimas décadas, y desde principios del siglo XX la población dobla de tamaño aproximadamente cada veinte años. Todos estos cambios han tenido una gran influencia en las variantes genéticas de los isleños actuales.

Por lo que he podido descubrir en mis lecturas, el primer estudio de grupos sanguíneos en Rapa Nui fue alrededor de 1930, por el naturalista y monje benedictino Gilbert Rahm. El estimó que la población constaba de 250 a 300 isleños, de los cuales 211 respondieron a su invitación a participar en el estudio. De ellos, solo 63 pudieron afirmar que eran rapanui "puros". Rahm descubrió que 70% de los 63 eran del grupo sanguíneo A, y 25% del grupo O. Rahm se sorprendió por la elevada frecuencia de grupo A, y descartó la idea que los rapanui fueran mayormente de origen sudamericano, ya que en estudios previos se había indicado que la gran mayoría de los indígenas sudamericanos pertenecen al grupo O (Rahm, 1931-32).

Otros trabajos también mencionan la alta frecuencia del grupo A en Rapa Nui. Durante la Expedición Arqueológica Noruega de 1955-56, la población era de 895 personas, de los cuales 128 afirmaban ascendencia rapanui pura. El médico de la expedición, Dr. Emil Gjessing, colectó muestras de sangre para análisis serológicos. Con la ayuda de los ancianos de la isla y del Padre Sebastián Englert, los médicos Ottmar Wilhelm y Luis Sandoval trazaron un árbol genealógico con los nombres de los supuestos rapanui puros, e intentaron reconstruir posibles eventos en la prehistoria que pudieran explicar dicha distribución de los grupos sanguíneos. Sugirieron que, si bien la mayoría de los habitantes actuales (de grupo A) descienden de los polinesios, los rapanui de grupo O tenían un origen últimamente sudamericano. Un rapanui llamado Pedro Atán Pakomio se consideraba el último sobreviviente de un "orejas largas" de origen sudamericano llamado Ororoine de la tribu Hanau Eepe, casado con una mujer de la tribu Haoa, mientras todos los otros "orejas largas" habrían sido asesinados por los "orejas-cortas", de origen polinesio (Wilhelm y Sandoval, 1956). Aunque no es posible comprobar esta teoría científicamente, lo importante es que los grupos de sangre en Rapa Nui están claramente en el rango de la Polinesia, posiblemente con una menor contribución de Sudamérica.

Los patrones de grupos sanguíneos en el Pacífico fueron revisados en 1962 por R. T. Simmons del laboratorio de serología de Victoria, Australia. Los datos acumulados indican que todos los polinesios son básicamente de la misma estirpe genética (Simmons, 1962). Simmons advirtió que las frecuencias de grupos sanguíneos por sí mismas no permiten la clasificación de individuos en grupos raciales.

Sin embargo, los datos combinados indicaban que las islas de Polinesia oriental habían sido pobladas desde oeste, desde la dirección de Asia, no de las Américas. Simmons sugirió que los navegantes probablemente habían colonizado las islas cercanas intencionalmente, mientras que las zonas más remotas del Pacífico parecían haber sido alcanzadas accidentalmente.

El dato más notable es la reducción en la frecuencia del grupo sanguíneo B de oeste a este, desde alrededor de 10% en Fiji, Tonga y Samoa, a prácticamente cero en las partes más remotas de Oceanía, incluso Nueva Zelanda, Hawai y Rapa Nui. El grupo B en el Pacífico central debe tener un origen melanesio. Por otro lado, el grupo A (subgrupo A1) aumenta de frecuencia de oeste a este, de alrededor de 25% en el Pacífico central, hasta casi 40% en las islas más orientales de Polinesia. De hecho, los rapanui tienen la mayor frecuencia de grupo A1 en el mundo, en concordancia con su aislamiento geográfico. Los polinesios en general parecen tener un componente sudamericano, ya que tienen varias características en común, entre ellas la ausencia de grupo sanguíneo B, y frecuencias similares de varios otros grupos sanguíneos (M, R2 y Fya) (Simmons, 1962).

ESTUDIOS DE HLA EN LOS RAPANUI: LA CARABELA PERDIDA

El origen biológico de los rapanui también ha sido investigado mediante análisis de HLA, la colección de genes que regula el sistema inmune en el ser humano (ver anexo 1 al final del texto). En 1971, un equipo de inmunólogos incluyendo el noruego Erik Thorsby y el francés Jean Dausset (quién ganó el premio Nobel de fisiología y medicina en 1980) llevaron a cabo un estudio serológico exhaustivo en los rapanui de "pura sangre". Los rapanui fueron seleccionados a partir de la información genealógica compilada por el Padre Sebastián Englert, y revisada tras entrevistas con varios de los isleños ancianos. Un total de 69 personas cumplieron con los criterios de la investigación, y en septiembre de 1971 se colectaron 49 muestras de sangre. Los rapanui restantes, o se negaron a participar en el estudio, o estaban afuera de la isla. La mayoría de los participantes eran miembros de una gran familia multi-generacional.

Las muestras de sangre fueron transportadas al laboratorio de tipificación de tejidos humanos del Hospital Universitario de Oslo, y sometidas a una batería de pruebas de HLA, grupos sanguíneos y antígenos de suero (Thorsby, et al. 1973). Los resultados indicaron que en sus grupos sanguíneos los rapanui se parecen a los otros polinesios, y demuestran una afinidad genética con poblaciones de origen en el Pacífico central, Indonesia y Sudamérica. Al igual que las poblaciones indígenas de Sudamérica, los rapanui carecían del grupo sanguíneo B, pero tenían alta frecuencia de A, M, R2 y frecuencias moderadas de Fya. Erik Thorsby y su equipo concluyeron que los rapanui, como otros polinesios, compartían una herencia genética con los pueblos del oeste (Melanesia, Micronesia e Indonesia) así como con poblaciones del cono sur americano.

Los resultados de la tipificación de HLA utilizando los métodos serológicos disponibles en los años setenta mostraron que los rapanui tenían baja variabilidad, contando con solo 14 diferentes haplotipos entre las 49 personas del estudio, algo no sorprendente ya que la mayoría eran parientes. Varios de los alelos detectados eran similares a los de otros polinesios, pero también había similitudes con los indígenas sudamericanos. Curiosamente, varias personas tenían un haplotipo particular, HLA-A29/ B44, que se encuentra en altas frecuencias en personas de origen vasco, y que fue llamado el haplotipo vasco o gen vasco. En resumen, Thorsby y sus colegas mostraron que los supuestos rapanui de pura sangre se parecían a otros polinesios, pero tenían rasgos amerindios, y un componente europeo, posiblemente vasco.

El historiador australiano Robert Langdon utilizó estos datos para darle apoyo a su hipótesis de "la carabela perdida", una carabela portuguesa llamada "San Lesmes" que desapareció en el Pacífico en el año 1526. Langdon opina que después de naufragar, los sobrevivientes alcanzaron el archipiélago de Tuamotu, donde se casaron con mujeres polinesias. Después de varias generaciones, algunos de sus descendentes arribaron en Rapa Nui, tal vez por accidente. La presencia del gen vasco en una alta proporción de los rapanui actuales era para Langdon una clara demostración biológica de su teoría (Langdon, 1988).

El árbol genealógico usado por el equipo de Thorsby indicaba que los isleños con el gen vasco pertenecían a una extensa familia cuyo ancestro común era un señor llamado Pakomio Maori, que había fallecido en 1908 o 1909.

Pakomio fue uno de los pocos que no solo logró regresar de Sudamérica después de las incursiones de los esclavistas peruanos, sino que también sobrevivir a la epidemia de viruela. Pakomio aparece en una fotografía tomada en 1886 durante la estadía del barco de guerra estadounidense "Mohican" bajo William J. Thomson, donde tiene como setenta años (Thomson 1891), lo que significa que nació alrededor del año 1816. Si Pakomio, alguien nacido a principios del siglo XIX, fue portador del gen vasco, probablemente uno de sus ancestros paternos fue miembro de la tripulación de un barco extranjero. ¿Pero cuando llegó a la isla ese ancestro? Langdon opinaba que los genes europeos tenían que ser antiguos, porque en varios relatos se describía a Pakomio como alguien de pelo rojizo y ojos claros. Estos son rasgos genéticos recesivos, en otras palabras, ambos padres tienen que ser portadores de los genes de pelo rojo y ojos azules. Eso significa que tanto el padre como la madre de Pakomio tenían que tener genes europeos, y en ese caso es poco probable que Pakomio fuese hijo de un marinero o ballenero en la primera parte del siglo XIX, si no que más bien descendió de generaciones de personas con rasgos genéticos europeos, probablemente descendientes de la tripulación del "San Lesmes".

Aunque esta es una teoría intrigante, la única evidencia que tenemos son los relatos de la apariencia de Pakomio, y lo único que se sabe con certeza es que era portador del gen vasco, por la manera que el gen aparece en sus descendientes. En fin, la teoría de Langdon estaba destinada a ser una curiosidad histórica, sin la posibilidad de comprobarse. Pero ocurrió lo contrario: a fines del siglo XX empezó a desarrollarse una nueva generación de estudios genéticos basados en ADN, y capaces de aprovechar todo tipo de material biológico, incluso antiguas muestras de suero de sangre. Desafortunadamente, Langdon falleció antes de poder ser testigo de todas estas nuevas posibilidades de análisis genéticos.

LOS TRENES RÁPIDOS, BARCOS LENTOS Y REDES ENMARAÑADAS

Durante la década de los años setenta del siglo XX, los marcadores genéticos clásicos empezaron a cederle el paso a los estudios basados en ADN. El análisis de ADN tiene muchas ventajas sobre los marcadores clásicos basados en sangre, porque supera la colección de muestras de sangre fresca, que necesitan trasportarse rápidamente a un laboratorio bien equi-

pado, con personal entrenado. Por medio de ADN, se puede estudiar una variedad de tejidos biológicos, como saliva, cabello, manchas de sangre secas, o aun material óseo en el caso de estudios arqueológicos. Otra ventaja es que los marcadores clásicos estaban limitados a las varias proteínas y antígenos contenidos en la sangre, mientras que ADN contiene toda la información genética del organismo y facilita el estudio de cualquier gen deseado.

El análisis de ADN ha causado una revolución en el estudio de poblaciones, en la medicina y en las ciencias forenses. Entre los marcadores de ADN más usados en estudios poblaciones se encuentran los marcadores "uniparentales" como el ADN mitocondrial (heredado por vía materna) y el cromosoma Y (heredado por vía paterna). También existen los marcadores autosómicos, presentes en los cromosomas 1 a 22 y heredados de ambos padres.

Los diversos estudios genéticos en el Pacífico cuentan una historia particular, a veces contradictoria, dependiendo del tamaño de la población de la isla o archipiélago, de su región geográfica, contactos con otros lugares y mezcla con otras poblaciones. Entre las diversas teorías de los orígenes de los polinesios, una de las mejor conocidas es el "tren rápido a Polinesia", donde los antepasados de los polinesios empezaron sus migraciones en la isla de Taiwán, que es la fuente de todas las lenguas de la familia austronésica, incluyendo las lenguas de Polinesia (Diamond, 1988). Esta teoría explica bien el

ESTUDIOS DE ADN MITOCONDRIAL

La mayoría del ADN en los organismos vivos se encuentra en el núcleo de las células (en el ser humano, el ADN está organizado en 23 pares de cromosomas en el núcleo). Pero hay un poco de ADN también en otro lugar, en las mitocondrias. Estas son pequeñas estructuras en las células que tienen la maquinaria necesaria para producir energía, una especie de central eléctrica en miniatura. Las células de los animales tienen miles de mitocondrias, que contienen su propio ADN, llamado el ADN mitocondrial (mtADN). Este ganó prominencia en los estudios evolutivos y poblacionales, y es también sumamente útil en los estudios de ADN fósil por su abundancia en los tejidos biológicos.

El mtADN nos ofrece una perspectiva materna, porque su herencia es por vía materna, de madres a hijos.

La secuencia mitocondrial de una persona es igual a la de sus hermanos y hermanas, y de su madre, abuela materna, tías maternas, etc., y así hasta el distante pasado. En 1981, se secuenció por primera vez un mtADN humano completo. Esta secuencia se usa todavía hoy como referencia en estudios poblacionales y médicos, y las variantes de mtADN en personas o poblaciones particulares se pueden describir en relación con esta secuencia (Anderson, et al. 1981). Un estudio muy famoso es el análisis de mtADN de mujeres de diversas procedencias geográficas (África, Asia, Europa, Australia y Nueva Guinea), que produjo un árbol filogenético con una raíz en África, y dio lugar a un importante modelo para explicar la evolución humana, conocido como "Eva mitocondrial" o "Eva africana" (Cann, et al. 1987). Los investigadores detectaron una mutación particular en personas de origen asiático, incluso indígenas americanos, y llamaron a la mutación "la deleción de nueve bases" ya que consiste de una supresión de nueve pares de bases (del-9-bp) que normalmente esta repetida dos veces en el mtADN de poblaciones humanas (Wrischnik, et al. 1987) (figura 2).

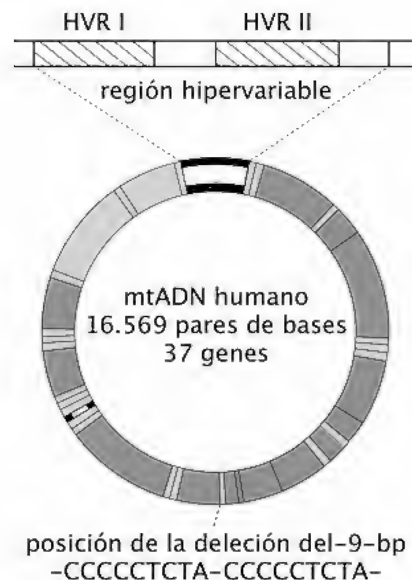


Figura 2. Diagrama del ADN mitocondrial (mtADN) humano, que se encuentra en orgánulos celulares llamados mitocondrias, donde se produce la energía necesaria para las funciones vitales. En el ser humano, el mtADN es una pequeña molécula circular de ADN de aproximadamente 16.500 pares de bases de longitud, y con solamente 37 genes (eso contrasta con el ADN en las cromosomas del núcleo, que consiste en 3 x 109 pares de bases, y decenas de miles de genes).

El mtADN acumula mutaciones de cinco a diez veces más rápidamente que el ADN nuclear, lo que significa que es un útil marcador genético en estudios poblacionales y evolutivos que intentan investigar a fenómenos que han ocurrido durante tiempos relativamente cortos. El mtADN en seres humanos es bastante variable entre distintas personas, y la mayoría de la diversidad esta en una región hipervariable, que tiene dos segmentos, la región hipervariable I (HVRI) y la II (HVRII). También se indica la posición de la duplicación de nueve pares de bases; la supresión de una de ellas es típica de poblaciones de origen asiático, incluso indígenas americanos, y la mayoría de los polinesios.

La mutación del-9-bp es inofensiva, ya que no produce un defecto genético, pero define una variante de mtADN bastante importante, llamada haplogrupo B (que no debe confundirse con el grupo sanguíneo B), muy común en el continente asiático y en las Américas. También se encuentra en pueblos del Pacífico, en bajas frecuencias en Melanesia pero prácticamente el 100% de los polinesios actuales (Hertzberg, et al. 1989). Por otro lado, la del-9-bp no ocurre en las poblaciones del interior montañoso de Papua Nueva Guinea (PNG) (Stoneking y Wilson, 1989). En polinesios, la del-9-bp ocurre con otra variante de mtADN, descrita originalmente por Hagelberg y Clegg (1993) y Lum, et al. (1994), y más tarde llamada "motivo polinesio" (Redd, et al. 1995; Hagelberg, et al. 1999; Kayser, et al. 2006) porque está presente casi exclusivamente en polinesios.

El llamado "motivo polinesio" tiene cuatro menores cambios (mutaciones) con respecto al mtADN de referencia, y también existe un "pre-motivo" que tiene tres de estos cuatros cambios, así (los números se refieren a la posición de mtADN donde ocurre el cambio o mutación):

"motivo": del-9-bp + 16189 + 16217 + 16247 + 16261

"pre-motivo": del-9-bp + 16189 + 16217 + 16261

Estas sub-variantes del haplogrupo B de mtADN son bastante homogéneas en poblaciones del sudeste de Asia y el Pacífico, lo que sugiere una expansión relativamente reciente de una población fuente (porque entre más tiempo transcurre, más diversidad se acumula en las poblaciones humanas por el proceso natural de mutaciones, así es que individuos de poblaciones recientes son mas genéticamente homogéneos).

En los últimos veinte años se han hecho una gran cantidad de estudios poblacionales a base de mtADN y actualmente existe una nomenclatura muy detallada de las variantes humanas de mtADN. El "motivo polinesio" es conocido ahora como B4a1a1a mientras que el "pre-motivo" como B4a1a1. Los dos son útiles marcadores genéticos para analizar las migraciones de los parlantes de lenguas austronésicas de Taiwán, los supuestos antepasados de los polinesios. El pre-motivo se encuentra en los aborígenes de Taiwán, así como en el archipiélago indonesio (Melton, et al. 1998; Trejaut, et al. 2005) donde se hablan también lenguas austronésicas. Se hablan también en Madagascar, la gran isla cerca de la costa oriental de África que probablemente fue poblada por navegantes malayos y donde también es abundante el "motivo polinesio" (Soodyall, et al. 1995).

En las poblaciones humanas del Pacífico occidental, como en Papua Nueva Guinea y las islas de Melanesia, existen otras variantes de mtADN de mucha más antigüedad (que reflejan migraciones más antiguas), conocidas por las letras Q y P. En general, los datos de mtADN apoyan el modelo del "tren rápido a Polinesia" sugerido por Diamond (1988), que indica que los ancestros de los polinesios actuales se esparcieron rápidamente por las islas del Pacifico, con poco contacto con las poblaciones de Melanesia.

El haplogrupo B (del-9-bp) caracteriza uno de los mayores grupos fundadores de las Américas (Torroni, 1993), y ocurre a lo largo de la costa pacífica de Sudamérica. Está asociado con una mutación en la posición 16217 (que aparece en el "pre-motivo" y el "motivo"), que también existe a lo largo de Asia. Curiosamente, el "pre-motivo" B4a1a1 también existe en Sudamérica, aunque raramente (Cann y Lum, 1996; Moraga, et al. 2005). Hay un considerable desacuerdo entre científicos sobre la cuestión de los linajes del haplogrupo B que están compartidos entre Asia y las Américas, y no se sabe si reflejan contactos transpacíficos, o si surgieron independientemente en el sudeste de Asia y en las Américas a partir de un ancestro común en Asia (Cann, 1994, Cann y Lum, 1996; Rothhammer y Bianchi, 1995; Bonatto, et al. 1996). Aunque la primera explicación parecería la más plausible, los datos de mtADN solos no pueden resolver la cuestión.

ESTUDIOS DE ADN FÓSIL EN EL PACÍFICO

A mediados de los 1980s, dos avances importantes ocurrieron en la biología molecular: la invención de una técnica importante, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), que permite la amplificación de fragmentos de ADN a partir de muestras biológicas que contienen pequeñas cantidades de ADN (Saiki, et al. 1985); y la secuenciación de un fragmento de ADN recuperado de la piel de un animal extinto, la primera instancia del análisis del ADN de material biológico de gran antigüedad (Higuchi, et al. 1984).

Los primeros estudios sobre "ADN antiguo" usaron restos de tejidos blandos, como especímenes de animales en museos, momias egipcias o mamuts conservados en el permafrost, ya que no se pensaba que ADN pudiese sobrevivir en el esqueleto después de la muerte de un organismo (Pääbo, et al. 1989). Sin embargo, la amplificación por PCR hizo posible el análisis de ADN de restos óseos, creando nuevas oportunidades en los campos de antropología e identificación humana (Hagelberg, et al. 1989; Hagelberg, et al. 1991; Hagelberg y Clegg, 1991,1993). Análisis de ADN de material óseo permite el estudio genético de las poblaciones del pasado, lo que ayuda a superar algunas de las distorsiones causadas por las migraciones posteriores, los cuellos de botella poblacionales y las extinciones de poblaciones.

A principios de los años 1990s, llevé a cabo un análisis de mtADN en restos óseos arqueológicos del Pacífico, incluyendo partes de Melanesia y Micronesia, y Samoa, Hawai, Nueva Zelanda e Islas Chatham. Esto fue durante la era temprana de los estudios con ADN de hueso, y las técnicas eran todavía bastante rudimentarias. A pesar de lo limitado, los resultados mostraron un patrón claro: las muestras más antiguas de Melanesia y el Pacífico central carecían de la del-9-bp en su mtADN, mientras que las muestras de Polinesia tenían la del-9-bp, así como las mutaciones conocidas más tarde como el motivo y el pre-motivo polinesio. Usé como control cuatro muestras de ADN actuales de Tahití, que dieron todas el motivo polinesio y la del-9-bp. La ausencia de marcadores genéticos polinesios en restos óseos de Melanesia apoyaba el modelo de poblamiento del tren rápido (Hagelberg y Clegg, 1993).

Más recientemente, Deguilloux, et al. (2011), analizaron mtADN en siete individuos prehistóricos de las Islas Gambier, Polinesia Francesa.

Seis individuos tenían el motivo polinesio, mientras el restante pertenecía al haplogrupo Q, típico de PNG y la Melanesia. Aunque los estudios poblacionales a base de ADN de material óseo son todavía extremamente escasos en el Pacífico, este resultado apoya los datos de otros sistemas genéticos que sugieren una pequeña herencia melanesia en los polinesios.

¿Cómo se puede explicar la gran uniformidad de mtADN en Polinesia, con casi un 100% del mismo mtADN a lo largo de toda la región? Es concebible que esto pueda ser el resultado de los efectos de la deriva genética y la selección biológica. También vale la pena señalar que una de las mutaciones en haplogrupo B, en la posición 16189, vista en un porcentaje de otros haplotipos de mtADN en el mundo, está implicada en la intolerancia a la glucosa, y la diabetes tipo II (Poulton, et al. 1998). La alta frecuencia de esta variante genética en las islas del Pacífico y en personas de origen asiático, así como en algunos amerindios, presta apoyo a la hipótesis del "genotipo ahorrador" propuesto por el genetista James Neel (Neel, 1962). En esta teoría, hay individuos que tienen un rasgo genético que los ayuda a sobrevivir en tiempos de hambruna y grandes esfuerzos físicos, pero que en tiempos de ocio y exceso de comida son más susceptibles que otros a engordar y desarrollar diabetes. El haplogrupo B pudo haber transmitido una ventaja de supervivencia durante largos viajes por mar e inanición periódica, lo que pudo resultar en elevadas frecuencias de este linaje en las partes remotas del Pacífico.

EL ADN DE LOS RAPANUI PREHISTÓRICOS

En el momento que se escribe esto, en 2016, el único informe de ADN en rapanui prehistóricos es el de Hagelberg, et al. (1994) que describe el análisis de mtADN en 12 muestras óseas de dos sitios arqueológicos en la Isla de Pascua, Ahu Tepeu y Vinapu. El material óseo fue descrito por Murrill (1965), con una edad estimada de 1100-1680 DC y 1680-1868 DC. Las muestras eran de fémures de entierros secundarios, recolectados durante la Expedición Arqueológica Noruega de 1955-56, y mantenidos en el Museo de Historia Natural, Santiago de Chile. Quince muestras, pequeñas cuñas, fueron tomadas en 1992 por Silvia Quevedo en el museo, y enviadas a Inglaterra para el análisis de ADN. Doce de las muestras se analizaron, cuatro de Ahu Tepeu y ocho de Ahu Vinapu. Todas tenían la del-9-bp y el motivo polinesio. Uno de los individuos de Ahu Tepeu tenía una mutación adicional en 16271, y dos de Vinapu una en 16292. Estos cambios adicionales se denominan "sustituciones privadas" y son especificas del individuo y de su familia, no de la población.

Los resultados demostraron que los rapanui prehistóricos tienen los mismos ancestros por vía materna que los otros polinesios, proporcionando evidencia biológica sobre los orígenes de los primeros pobladores en el occidente. Los resultados confirman la opinión que prácticamente todos los polinesios, desde el Pacífico central hasta Rapa Nui, y entre Hawai y Nueva Zelanda, descienden del mismo linaje materno, y que la expansión de los polinesios fue un acontecimiento relativamente reciente, ya que las secuencias de mtADN en toda la región tienen poca diversidad.

Si bien no fue posible rechazar la posibilidad de contactos con Sudamérica, las excavaciones arqueológicas por Skjølsvold (1994) en Anakena descubrieron huesos de rata polinesia y objetos de estilo polinesio en todas las capas arqueológicas hasta la capa de roca, lo que indicaba que el primer poblamiento fue de polinesios. Pero los resultados no descartaban contactos con las Américas, y los datos de mtADN sólo proporcionaron información de los linajes maternos prehistóricos y nada de los linajes paternos. Hasta hace poco, las técnicas disponibles han limitado los estudios de ADN antiguo casi exclusivamente a mtADN, aunque las nuevas tecnologías de secuenciación de ADN ahora prometen revolucionar los análisis de ADN antiguo.

Los datos de ADN fósil tampoco pudieron negar la hipótesis de la carabela perdida de Robert Langdon. Cualquier incursión genética de navegantes europeos, casi ciertamente hombres, no sería detectable con mtADN, pero solo con marcadores en el cromosoma Y. En la década de los noventa éramos todavía incapaces de determinar con certeza si hombres sudamericanos o europeos habían dejado sus genes en Rapa Nui o en el resto de la Polinesia.

HERENCIA GENÉTICA DE INDÍGENAS SUDAMERICANOS EN RAPA NUI

Un estudio de Hurles, et al. (2003) sobre el cromosoma Y en isleños de la pequeña isla de Rapa Iti implicó que cualquier rastro de genes sudamericanos en la Polinesia fue causado por el impacto de los barcos esclavistas peruanos en los 1860s, no por contactos prehistóricos con Sudamérica. Otro estudio, a base de unos marcadores de ADN nuclear llamados polimorfismos de inserción Alu en personas de origen rapanui y de origen continental, no encontró un vínculo genético entre los rapanui y poblaciones indígenas sudamericanas (González-Pérez, et al. 2006).

Esto contrasta con los resultados de estudios más recientes por Erik Thorsby y sus colegas, quienes reanalizaron las muestras de sangre recogidas en 1971, y muestras adicionales de la población actual colectadas en 2008, utilizando técnicas más modernas.

Como se ha indicado anteriormente, en su análisis de HLA en 49 individuos que afirmaban "pura" ascendencia rapanui, Thorsby, et al. (1973) no encontraron rasgos sudamericanos. Pero si observaron el haplotipo A29/B44, posiblemente de origen vasco. Por una casualidad o una suerte, las muestras de suero colectadas en 1971 sobrevivieron durante varias décadas, congeladas en una nevera en el Hospital Universitario de Oslo. Durante esas décadas, se desarrollaron nuevas técnicas y marcadores genéticos. En 2005-06 las muestras se usaron en nuevos análisis de HLA, así como de mtADN y del cromosoma Y (Lie, et al. 2007).

El nuevo estudio abarcó 48 personas, y se efectuaron unos pequeños cambios en el árbol genealógico a base de nueva información. Pero como antes, la mayoría eran descendientes de Pakomio Maori y de sus dos esposas, con unos cuantos individuos adicionales. El análisis de mtADN indicó que todos llevaban el motivo o pre-motivo polinesio. Los descendientes de Pakomio por su primera mujer llevaban el pre-motivo, y los descendientes por su segunda mujer el motivo completo. Estos resultados coincidieron con los datos de ADN antiguo (Hagelberg, et al. 1994) que indicaban que los rapanui tenían ancestros maternos de origen polinesio.

Los resultados de los análisis del cromosoma Y contaron una historia diferente: La mayoría de los hombres tenían un marcador de Y llamado C-M208, que es típico de polinesios (Kayser, et al. 2003, 2006). Sin embargo, cinco hombres, entre ellos el hijo de Pakomio y cuatro nietos por su segunda mujer (números 1, 3, 4, 68, 69 en el árbol genealógico reproducido aquí) tenían un cromosoma Y de origen europeo, común hoy en día en Europa central y del sur. El mismo Pakomio tuvo que haber sido portador de este haplotipo, en otras palabras, tuvo que haber tenido un padre, abuelo o bisabuelo europeo.

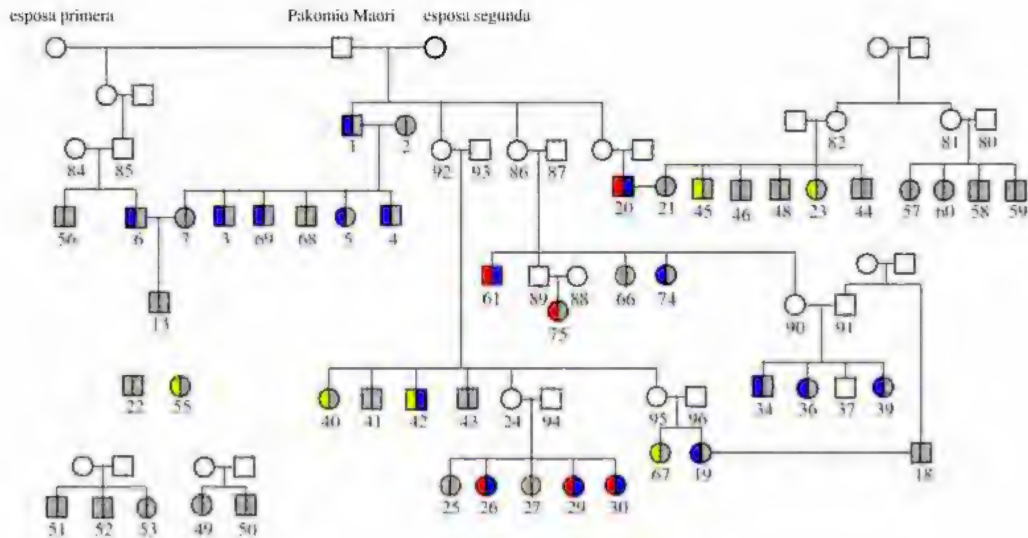


Figura 3. Genealogía de los rapanui estudiados a través de análisis de HLA, ADN mitocondrial y cromosoma Y, utilizando muestras de sangre recogidas en 1971 y 2008. Los cuadrados representan los hombres y los círculos las mujeres. Los individuos indicados en azul son portadores del "gen vasco" HLA-A29/B44 descrito por Thorsby et al. (1973). El probable origen de los haplogrupos de HLA es el siguiente: rojo: alelos amerindios; amarillo: alelos amerindios y amerindios/polinesios; azul: alelos europeos y polinesios/europeos; gris: alelos polinesios. Los símbolos blancos denotan individuos que no fueron investigados. Para más detalles véase Lie et al. 2007; Thorsby, et al. 2009.

Los nuevos resultados a base de HLA fueron aún más curiosos. El hijo de Pakomio, y los descendientes posteriores de éste, tenían alelos de HLA que eran en parte europeos y en parte polinesios, heredados de Pakomio (e indicados en azúl en el árbol genealógico), mientras que otros descendientes no sólo tenían los alelos polinesios/europeos, sino también un haplotipo amerindio aparentemente derivado de la segunda mujer de Pakomio (en rojo). Había otro haplotipo con una combinación de alelos amerindios y polinesios (en amarillo), mientras que el resto de los alelos del grupo eran polinesios (en gris).

Las conclusiones principales eran así: Las personas que afirman origen rapanui tienen alelos de HLA mayormente polinesios, pero también dos haplotipos amerindios diferentes (indicados en rojo y amarillo) de forma particular que sugiere que llegaron a Rapa Nui a principios del siglo XIX como mínimo, pero tal vez anteriormente. Uno de los haplotipos amerindios (amarillo) parece ser una mezcla (recombinante) de alelos amerindios y polinesios. Los haplotipos rapanui indicados con el color rojo y amarillo llevan los alelos amerindios típicos A* 0212 y B* 3905.

Esta combinación particular no se ha observado en indígenas sudamericanos hoy en día, aunque tal vez pudiera haber existido en el pasado. Esto indica que los haplotipos no son de origen sudamericano reciente.

Finalmente, evidentemente Pakomio Maori fue el originador del cromosoma Y europeo en los rapanui actuales. También fue portador de un haplotipo de HLA de origen en el sur de Europa, con alelos adicionales de orígenes diversos (indicado en azul), que pudo haber sido introducido en Rapa Nui antes del siglo XIX, aunque esto no se pudo comprobar con las muestras disponibles.

Thorsby regresó a la Rapa Nui en 2008 y colectó 21 muestras adicionales de personas de origen rapanui "puro". Estos también llevaban mtADN con el motivo polinesio, y cromosomas Y de origen o bien en la Polinesia o Europa (pero no en Sudamérica), así como una variedad de haplotipos de HLA, algunos puramente polinesios y algunos con una combinación europea/polinesia. También se detectaron dos nuevos haplotipos con alelos amerindios. La variedad y el tipo de combinaciones de los alelos amerindios en las muestras de ADN de 1971 y 2008 sugerían que la herencia genética sudamericana fue extensa y antigua (Thorsby, et al. 2009).

Por desgracia, no había suficiente información para calcular las tasas de recombinación y por lo tanto la edad de los haplotipos ancestrales.

Esto nos deja con interesantes conclusiones y nuevas preguntas. Las técnicas de genética molecular han permitido la reconstrucción del genotipo de un hombre rapanui nacido hace doscientos años, y de sus dos esposas. Este hombre, Pakomio Maori, es el ancestro de la mayoría de los rapanui actuales cuyo árbol genealógico indica una ascendencia rapanui "pura" (una palabra dudosa porque ya nadie puede ser puro). Llevaba un cromosoma Y europeo, posiblemente derivado de un marinero de principios del siglo XIX, pero posiblemente más antiguo (¿de un descendiente de la tripulación de la "San Lesmes"?). También existe un componente amerindio significativo en Rapa Nui, anterior a la visita de los esclavistas peruanos de 1862-3. El componente amerindio tiene orígenes complejos y variados, y puede ser prehistórico.

ESTUDIOS GENÓMICOS EN RAPA NUI

Como hemos visto, los análisis de HLA utilizando técnicas modernas de ADN indican un componente indígena sudamericano en los rapanui actuales, aunque no fue posible determinar con certeza si los genes son de proveniencia prehistórica o más recientes. Grandes avances en el campo de la genómica, el análisis de genomas enteros, han proporcionado nuevos datos y conclusiones dramáticas.

Desde hace sólo pocos años, los científicos han comenzado a usar métodos moleculares y computacionales para el estudio de los genomas humanos completos, con la ayuda de acelerados avances en la tecnología de secuenciación de ADN y de la bioinformática. Colaboraciones extensas entre los laboratorios universitarios de investigación, institutos biomédicos y empresas privadas están proporcionando un gran volumen de datos sobre la diversidad de la población humana y son un excelente recurso para estudios poblacionales. Los datos incluyen cientos de miles, o millones de variantes genéticas (llamadas SNPs o polimorfismos de nucleótido sencillos) para cada persona. Algunas de estas variantes son específicas en cada individuo, pero otras sirven para caracterizar el continente de origen, o aun la región misma de origen de una población (Xing, et al. 2010). Los datos pueden ser utilizados para estimar los diversos componentes de ancestría de una población (Maples, *et al.* 2013), como por ejemplo en el trabajo de Moreno-Estrada, *et al*. (2013), quienes pudieron identificar el respectivo componente europeo, africano e indígena en las poblaciones actuales del Caribe, así como discriminar entre el tiempo y el lugar de origen de las dos principales fuentes de esclavos africanos.

Actualmente, Andrés Moreno-Estrada y su equipo están llevado a cabo un análisis detallado de la variación del genoma de las poblaciones indígenas de Sudamérica, y como parte de este estudio visitaron Rapa Nui en 2013, y recolectaron muestras de ADN de 80 isleños, para analizar la mezcla genética con los europeos y chilenos continentales (que a su vez descienden de una mezcla de europeos, indígenas americanos y esclavos africanos) e intentar determinar cuando llegaron los diversos componentes de la población actual. En octubre de 2014, Moreno-Estrada regresó a Rapa Nui para presentar los resultados de sus análisis a los originales donantes de ADN, y para extender el estudio con muestras adicionales. Sus resultados preliminares mostraron que cada individuo tiene una colección de cromosomas con componentes diversos, de diversa longitud, que cuentan la historia de sus antecedentes genéticos particulares, digamos de Polinesia, Europa y/o Sudamérica (ver figura 4). Cuando se concluyan los análisis, este será el estudio más detallado de los orígenes genéticos de los rapanui jamás realizado. Porque cada hebra de ADN se mezcla de generación en generación (como en un juego de barajas) en el proceso de recombinación, la longitud de los fragmentos de diferente origen geográfico permite estimar aproximadamente cuando sucedió la mezcla genética. Una parte importante del trabajo será analizar un gran número de muestras de referencia, para poder identificar con más precisión el lugar de origen de los diversos fragmentos cromosómicos de los rapanui.

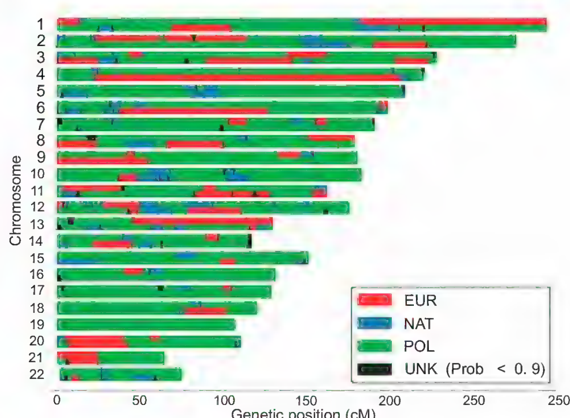


Figura 4. Diagrama de los cromosomas de un individuo rapanui mostrando los segmentos de diferentes orígenes ancestrales en diferentes colores. Segmentos europeos en rojo, indígena sudamericano en azul y polinesio en verde. Los segmentos en color negro indican posiciones del genoma donde el método no permite la estimación de ancestría con suficiente probabilidad. Cada barra horizontal representa el par de cromosomas del 1 al 22. Como se ve aquí, este individuo tiene una gran proporción de genes polinesios, con una menor contribución de Europa y Sudamérica. Cada persona tiene un perfil genético diferente, y su diagrama es diferente, dependiendo de la proporción de genes de diversos orígenes (fuente: A. Moreno-Estrada).

Mientras tanto, Erik Thorsby, el autor del estudio de HLA en Rapa Nui, se juntó con un equipo de científicos del Centro de GeoGenética en Copenhague para realizar un análisis genómico con las mismas muestras de ADN utilizadas en el estudio de HLA, que se supone representaban los descendientes de la original población rapanui. Más de 650.000 marcadores SNPs fueron analizados en 27 individuos del estudio anterior (Lie, et al. 2007; Thorsby, et al. 2009), y los datos de ocho personas se usaron para el análisis bioinformático de mezcla genética. Los resultados indicaban un origen principalmente polinesio, con una proporción europea de un 16%, y sudamericana de 8%. Aunque esto por sí sólo no indica mucho, porque los chilenos continentales tienen también un componente genético indígena, y los genes sudamericanos podrían haberse introducido después de contactos con los europeos, un análisis detallado de la longitud de los fragmentos de cromosomas de origen sudamericano indicó que la mezcla ocurrió entre los años 1280 y 1425, mucho antes de la llegada de los primeros europeos (Moreno-Mayar, et al. 2014). Esta es la primera evidencia genética concreta que sugiere un contacto entre las Américas y Rapa Nui en la prehistoria, y representa un gran avance en nuestra comprensión de los orígenes de los rapanui. La composición genética de los rapanui actuales indica que los primeros pobladores fueron los polinesios, y después posiblemente ocurrió algún contacto con el continente americano. Sin embargo, debemos recordar que el número de individuos estudiados y los datos de referencia son todavía relativamente limitados, sobre todo en el caso de los supuestos ancestros de los rapanui en otras islas de Polinesia (Wollstein, et al. 2010). Por tanto, una estimación precisa de la edad y el lugar de origen de los diversos componentes genéticos de los rapanui actuales tendrá que esperar hasta que se efectúen trabajos a mayor escala.

En cuanto a las afinidades genéticas de los rapanui prehistóricos, en este momento (2016), los únicos datos disponibles son los de Hagelberg, et al. (1994), que demuestran que los rapanui pertenecen al mismo linaje materno que otros polinesios. Si bien el ritmo de la investigación hace que sea factible analizar ADN de restos óseos, las normas éticas que guían los estudios con material óseo indican que todo futuro análisis genómico con material prehistórico estará sujeto al acuerdo de los representantes de la comunidad indígena rapanui.

AGRADECIMIENTOS

Mis sinceras gracias a Andrés Moreno-Estrada por ofrecerme la oportunidad de participar en su trabajo de campo en Rapa Nui en octubre 2014, y por su ayuda en la preparación del artículo. Ian Frame proporcionó ayuda invaluable en la preparación del manuscrito y las figuras. Le agradezco a Lilian López Labbé por su invitación a escribir este artículo. Finalmente, mi profundo agradecimiento a todas las personas de Rapa Nui que contribuyeron a que mi primera visita a la isla fuese una experiencia inolvidable.

ANEXO 1: EL SISTEMA HLA

El sistema HLA: El sistema de antígenos leucocitarios humanos (HLA, del inglés Human Leukocyte Antigen) es la forma humana del Complejo Mayor de Histocompatibilidad, un grupo de moléculas en la superficie de las células que median el sistema inmune de los vertebrados (leucocitos son los glóbulos blancos de la sangre). Este tipo de moléculas tiene gran importancia en el campo médico de transplante de tejidos. Hay tres clases de moléculas de histocompatibilidad, con diferentes funciones en el sistema inmune, la clase I (A, B, C), II (incluyendo DR, DQ, DP) y III. El sistema HLA es muy variable, con algunas regiones (llamadas locus/loci por la palabra latina para "lugar), por ejemplo HLA-B que tiene más de 2.000 alelos diferentes (un alelo es una variante de un gen; un haplotipo es un conjunto de alelos en diferentes loci en un individuo) (Sánchez-Mazas et al. 2011). El número de alelos identificados en la población humana ha crecido constantemente a medida que se estudian más individuos y grupos poblacionales. Esta variabilidad es útil para el estudio de las migraciones ya que las distancias genéticas reflejan la ubicación geográfica. Sin embargo, es importante recordar que la selección biológica y la evolución convergente pueden afectar los datos de HLA. Poblaciones aisladas pueden tener

frecuencias elevadas de alelos únicos en virtud de efectos fundadores y, por el contrario, poblaciones distantes pueden compartir un alelo particular en virtud de la evolución convergente (Fernández-Viña et al. 2012). A riesgo de simplificar, es útil considerar un haplotipo de HLA como un largo collar de perlas, donde cada perla constituye un locus (A/B/C/DRB1/DQA1/DQB1). Cada persona tiene dos collares porque somos diploides, es decir, tenemos dos copias de cada cromosoma, uno procedente de nuestra madre y uno de nuestro padre, que heredamos después de un proceso de reorganización conocido como recombinación (donde los collares se rompen y los segmentos de perlas de ambos padres se mezclan). Las perlas que están cercanas en el collar tienen más probabilidad de ser heredadas juntas. La presencia de dos alelos idénticos en cada locus representa un individuo homocigoto, mientras que dos alelos diferentes denotan un heterocigoto. El grado de homocigosidad aumenta en poblaciones pequeñas y endogámicas.

REFERENCIAS

Anderson, S., Bankier, A. , Barrell, B. et al. 1981. Sequence organisation of the human mitochondrial genome. Nature (290): 457-465.

Bahn, P. y Flenley, J. 1992. Easter Island, Earth Island. London: Thames & Hudson.

Bellwood, P. 1987. The Polynesians: Prehistory of an Island People. London: Thames and Hudson.

Bellwood, P. 1989. “The colonization of the Pacific: Some current hypotheses” in The Colonization of the Pacific: A Genetic Trail. Edited by A. V. S. Hill and S. W. Serjeantson. Oxford: Oxford University Press. 1-59.

Bonatto S. , Redd A., Salzano F. y Stoneking, M. 1996. Lack of ancient Polynesian–Amerindian contact. American Journal of Human Genetics (59): 253–256.

Cann, R. 1994. mtDNA and Native Americans: A southern perspective. American Journal of Human Genetics (55): 7-11.

Cann, R., Stoneking, M. y Wilson, A. 1987. Mitochondrial DNA and human evolution. Nature (325): 31-36.

Cann, R. y Lum, J. 1996. Mitochondrial myopia: Reply to Bonatto et al. American Journal of Human Genetics (59): 256-258.

Cavalli-Sforza, L., Menozzi, P. y Piazza, A. 1994. The History and Geography of Human Genes. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Clow, C., Gill, G. y Owsley, D. W. 1998. “Metric analysis of a prehistoric Easter Island skeletal sample with comparisons to the Marquesas Islands, Hawaiian Islands and Peru” in Easter Island in Pacific Context: South Seas Symposium; Proceedings of the Fourth International Conference on Easter Island and East Polynesia. Edited by C. M. Stevenson, G. Lee and F. J. Morin. Los Osos: Easter Island Foundation. 156-162.

Cook, J. 1777. A Voyage Towards the South Pole and Round the World, Vol. 2. London: W. Strahan & T. Cadell.

Cruz-Coke, R. 1989. Los genes del pueblo Pascuense. Revista Médica de Chile (117): 685-694.

Deguilloux, M., Pemonge, M., Dubut, V., et al. 2011. Human ancient and extant mtDNA from the Gambier Islands (French Polynesia): Evidence for an early Melanesian maternal contribution and new perspectives into the settlement of easternmost Polynesia. American Journal of Physical Anthropology (144): 248-257.

Diamond, J. 1988. Express train to Polynesia. Nature (336): 307-308.

Von Dungern, E. y Hirschfeld, L. 1910. Ueber Vererbung gruppenspezifischer Strukturen des Blutes. Zeitschrift für Immunitätsforschung (6): 284–292.

Englert, S. 1983. La Tierra de Hotu Matu'a. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Fernandez Viña, M., Hollenbach, J., Lyke, K., et al. 2012. Tracking human migrations by the analysis of the distribution of HLA alleles, lineages and haplotypes in closed and open populations. Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B (367): 820-829.

Gill, G. y Owsley, D. W. 1993. “Human osteology of Rapa Nui” in Easter Island Studies. Edited by S. Fischer. Oxford: Oxford Monograph (32):56-72.

González-Pérez, E., Esteban, E., Via, M., García-Maro, C., Hernández-Moro, M., Moral, P. 2006. Genetic change in the Polynesian population of Easter Island: Evidence from Alu insertion polymorphisms. Annals of Human Genetics (70): 829–840.

Hagelberg, E. 2016. “Genetic Affinities of the Rapanui” in Skeletal Biology of the Ancient Rapanui (Easter Islanders). Edited by V. Stefan and G. Gill. Cambridge: Cambridge University Press. 182-201.

Hagelberg, E., Sykes, B. y Hedges, R. 1989. Ancient bone DNA amplified. Nature (342): 485.

Hagelberg, E., Gray, I. y Jeffreys, A. 1991. Identification of the skeletal remains of a murder victim by DNA analysis. Nature (352):427-429.

Hagelberg, E. y Clegg, J. 1991. Isolation and characterization of DNA from archaeological bone. Proceedings of the Royal Society of London, Series B (244): 45-50.

Hagelberg, E. y Clegg, J. 1993. Genetic polymorphisms in prehistoric Pacific islanders determined by analysis of ancient bone DNA. Proceedings of the Royal Society of London, Series B (252): 163-170.

Hagelberg, E., Quevedo, S., Turbon, D. y Clegg, J. B. 1994. DNA from ancient Easter Islanders. Nature (369): 25-26.

Hagelberg E., Kayser M., Nagy M., Roewer L., Zimdahl H., Krawczak M., Lió P. y Schiefenhövel W. 1999. Molecular genetic evidence for the human settlement of the Pacific: Analysis of mitochondrial DNA, HLA and Y chromosome markers. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B (354): 141-152.

Hertzberg, M., Mickleson, K., Serjeantson, S., Prior, J. y Trent, R. 1989. An Asian-specific 9-bp deletion of mitochondrial DNA is frequently found in Polynesians. American Journal of Human Genetics (44): 504-510.

Heyerdahl, T. 1950. The Kon-Tiki Expedition. London: George Allen & Unwin.

Heyerdahl, T. 1952. American Indians in the Pacific: The Theory Behind the Kon-Tiki Expedition. London: George Allen & Unwin.

Higuchi, R., Bowman, B., Freiberger, M., Ryder, O. y Wilson, A. 1984. DNA sequences from the quagga, an extinct member of the horse family. Nature (312): 282-284.

Hirschfeld, L. y Hirschfeld, H. 1919. Serological differences between the blood of different races: The result of researches on the Macedonian front. The Lancet (194):675-679.

Howells, W. 1973. Cranial Variation in Man: A Study of Multivariate Analysis of Patterns of Differences Among Recent Human Populations. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Hurles, M., Maund, E., Nicholson, J., et al. 2003. Native American Y chromosomes in Polynesia: The genetic impact of the Polynesian slave trade. American Journal of Human Genetics (72): 1282–1287.

Kayser, M., Brauer, S., Weiss, G., Schiefenhövel, W., et al. 2003. Reduced Y-chromosome, but not mitochondrial DNA, diversity in human populations from West New Guinea. American Journal of Human Genetics (72): 281–302.

Kayser, M., Brauer, S., Cordaux, R., Casto, A., et al. 2006. Melanesian and Asian origins of Polynesians: MtDNA and Y chromosome gradients across the Pacific. Molecular Biology and Evolution (23): 2234–2244.

Kirk, R. 1989. "Population genetic studies in the Pacific: Red cell antigen, serum protein, and enzyme systems" in The Colonization of the Pacific: A Genetic Trail. Edited by A. V. S. Hill and S. W. Serjeantson. Oxford: Oxford University Press. 60-119.

Landsteiner, K. 1901. Ueber Agglutinationerscheinungen normalen menschlichen Blutes. Wiener klinische Wochenschrift (14): 1132-1134.

Langdon, R. 1988. The Lost Caravel Re-Explored. Canberra: Brolga Press.

Lie, B., Dupuy, B., Spurkland, A., Fernandez-Viña, M., Hagelberg, E. y Thorsby, E. 2007. Molecular genetic studies of natives on Easter Island: Evidence of an early European and Amerindian contribution to the Polynesian gene pool. Tissue Antigens (69): 10-18.

Lum, J., Rickards, O., Ching, C. y Cann, R. 1994. Polynesian mitochondrial DNAs reveal three deep maternal lineage clusters. Human Biology (66): 567-590.

Maples, B., Gravel, S., Kenny, E. y Bustamante, C. 2013. RFMix: a discriminative modeling approach for rapid and robust local-ancestry inference. American Journal of Human Genetics (93): 278-288.

Melton, T., Clifford, S., Martinson, J., Batzer, M. y Stoneking, M. 1998. Genetic evidence for the proto-Austronesian homeland in Asia: MtDNA and nuclear DNA variation in Taiwanese aboriginal tribes. American Journal of Human Genetics (63): 1807-1823.

Moraga, M., Santoro, C., Standen, V., Carvallo, P. y Rothhammer F. 2005. Microevolution in prehistoric Andean populations: Chronological mtDNA variation in the desert valleys of northern Chile. American Journal of Physical Anthropology (127): 170-181.

Moreno-Estrada, A., Gravel, S, Zakharia, F., et al. 2013. Reconstructing the population genetic history of the Caribbean. PLoS Genetics 2013 Nov; 9(11):e1003925.

Moreno-Mayar, V., Rasmussen, S., Seguin-Orlando, A., et al. 2014. Genome-wide ancestry patterns in Rapanui suggest pre-European admixture with Native Americans. Current Biology (24): 1-8.

Murrill, R. 1965. "A study of cranial and postcranial material from Easter Island" in Reports of the Norwegian Archaeological Expedition to Easter Island and the East Pacific, Volume II: Miscellaneous Papers. Edited by T. Heyerdahl and E. N. Ferdon, Jr. Santa Fe, NM: Monographs of the School of American Research and the Kon-Tiki Museum 24(2):255-319.

Neel, J.1962. Diabetes mellitus: A thrifty “genotype” rendered detrimental by “progress”? American Journal of Human Genetics (14): 353-362.

Pääbo, S., Higuchi, R. y Wilson, A. 1989. Ancient DNA and the polymerase chain reaction. Journal of Biological Chemistry (264): 9709-9712.

Poulton, J., Marchington, D., Scott-Brown, M., Phillips, D. y Hagelberg, E. 1998. Does a common mitochondrial DNA polymorphism underlie susceptibility to diabetes and the thrifty genotype? Trends in Genetics (10): 387-389.

Rahm, G. 1931-32. Observaciones sobre los grupos sanguíneos en la Isla de Pascua. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (6-7): 59-64.

Redd, A., Takesaki, N., Sherry, S., et al. 1995. Evolutionary history of the COII/tRNALys intergenic 9-bp deletion in human mitochondrial DNAs from the Pacific. Molecular Biology and Evolution (12): 604-615.

Rothhammer, F. y Bianchi, N. 1995. Origin and distribution of B mtDNA lineage in South America. American Journal of Human Genetics (56): 1247-1248.

Saiki, R., Scharf, S., Faloona, F., et al. 1985. Enzymatic amplification of ß-globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. Science (230): 1350-1354.

Sánchez-Mazas A., Fernandez-Viña, F., Middleton, D., et al. 2011. Immunogenetics as a tool in anthropological studies. Immunology (133): 143–164.

Simmons, R. 1962. Blood group genes in Polynesians and comparisons with other Pacific peoples. Oceania (32): 198-210.

Skjølsvold, A. 1994. Archaeological Investigations at Anakena, Easter Island. Oslo: The Kon-Tiki Museum Occasional Papers 3.

Soodyall, H., Jenkins, T. y Stoneking, M. 1995. 'Polynesian' mtDNA in the Malagasy. Nature Genetics (10): 377-378.

Stefan, V. 2000. Craniometric Variation and Biological Affinity of the Prehistoric Rapa Nui (Easter Islanders): Their Origin, Evolution, and Place in Polynesian Prehistory. Unpublished doctoral dissertation, Department of Anthropology, University of New Mexico, Albuquerque.

Stoneking, M. y Wilson, A. 1989. “Mitochondrial DNA” in The Colonization of the Pacific: A Genetic Trail. Edited by A. V. S. Hill and S. W. Serjeantson. Oxford: Oxford University Press. 215-245.

Thomson, W. 1891. Te Pito Te Henua or Easter Island. Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution. Washington: Government Printing Office. Reprinted by Rapa Nui Press, Chile, 2007.

Thorsby, E., Colombani, J., Dausset, J., Figueroa, J. y Thorsby, A. 1973. “HL-A, blood group and serum polymorphism of natives on Easter Island” in: Histocompatibility Testing 1972. Edited by J. Dausset and J. Colombani. Copenhagen: Munksgaard. 287-302

Thorsby, E., Flåm, S., Woldseth, B., Dupuy, B., Sanches-Mazas, A. y Fernandez-Viña, M. 2009. Further evidence of an Amerindian contribution to the Polynesian gene pool on Easter Island. Tissue Antigens (73): 582–585.

Torroni, A., Schurr, T., Cabell, M., et al. 1993. Asian affinities and continental radiation of the four founding Native American mtDNAs. American Journal of Human Genetics (53): 563-590.

Trejaut, J., Kivisild, T., Loo, J., et al. 2005. Traces of archaic mitochondrial lineages persist in Austronesian-speaking Formosan populations. PLoS Biology. 3: e247.

Wollstein, A., Lao, O., Becker, C., et al. 2010. Demographic history of Oceania inferred from genome-wide data. Current Biology (20): 1983-1992.

Wilhelm, O. y Sandoval, L. 1956. Genealogías y sero-antropología de los pascuenses. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepcíon (30): 119-139.

Wrischnik, L., Higuchi, R., Stoneking, M., Erlich, H., Arnheim, N. y Wilson, A. 1987. Length mutations in human mitochondrial DNA: Direct sequencing of enzymatically amplified DNA. Nucleic Acids Research (15): 529-542.

Xing, J., Watkins, W., Shlien, A., et al. 2010. Toward a more uniform sampling of human genetic diversity: A survey of worldwide populations by high-density genotyping. Genomics (96): 199-210.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO | Volumen 29, 2016. Páginas 120-131
Anales del Museo de Historia
Natural de Valparaíso

MINAS, CANTERAS Y ARTEFACTOS DE BASALTO: INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA APROBADA POR LA COMUNIDAD RAPA NUI (ISLA DE PASCUA)

Dale F. Simpson Jr.*

Resumen: Entre Mayo – Septiembre de 2014, y durante los meses de Enero, Febrero y Abril de 2015, llevé a cabo un trabajo de campo arqueológico y geológico sobre Rapa Nui, para mi doctorado en la Universidad de Queensland (UQ). Esos ocho meses han sido los meses más desafiantes y gratificantes de toda mi carrera, ya que debí navegar por todas las políticas sociales de la isla para poder conseguir la autorización para realizar una investigación científica y sacar muestras geológicas y arqueológicas de la isla, para efectuar análisis tecnológicos y geoquímicos. En este informe: 1) reviso el proceso de obtención de permisos de investigación en Rapa Nui; 2) destaco los ocho meses de estadía y realización de investigaciones científicas en Rapa Nui; 3) describo los elementos que componen mi doctorado; y 4) presento a los Rapanui del pasado como mineros prehistóricos.

Palabras claves: Educación de "outreach"; geoarqueología; minas, canteras, fuentes y artefactos de basalto; Polinesia; Isla de Pascua (Rapa Nui)

Abstract: From May – September 2014, and during the months of January, February, Abril and May 2015, I conducted archaeological and geological fieldwork on Rapa Nui for my doctorate at the University of Queensland (UQ). These eight months were the most challenging and rewarding of my career, as I had to navigate the social politics on the island to be granted authorization to conduct scientific research and to remove geological and archaeological samples off the island for technological and geochemical analyses. In this report, I: 1) review the process to attain research permits on Rapa Nui; 2) highlight eight months of living and doing scientific investigation on Rapa Nui; 3) describe the components of my Ph.D.; and 4) present the ancient Rapanui as prehistoric miners.

Key words: Basalt mines, quarries, sources and artifacts; geoarchaeology; outreach education; Polynesia; Easter Island (Rapa Nui).

* Facultad de Ciencia Social, Universidad de Queensland, St. Lucia, Qld., Australia. Departamento de Antropología, Colegio de DuPage, Glen Ellyn, IL., U.S.A. Centro de Investigación Integradora, Museo de Field, Chicago, IL., U.S.A.

INTRODUCCIÓN

La investigación actual sobre Rapa Nui se centra en discusiones sobre el "colapso" de la sociedad pre y post contacto (Bahn y Flenley, 1992; Diamond, 2005; McCoy, 1976; Mulloy, 1995; Mulloy y Figueroa, 1978). Algunas de estas investigaciones han planteado que los habitantes prehistóricos participaron en un desarrollo no sostenible que llevó al "ecocidio" isleño. Junto con la sobrepoblación y el cambio ambiental y socio-político, la isla pasó desde un cacicazgo complejo dominado por formas de gobierno elitista (Kirch, 1984, 2000; Simpson, 2009, n.d.4; Stevenson, 1997, 2002; Stevenson, et al. 2005, 2013), a clanes fragmentados que luchaban por recursos limitados y prestigio a través de la competencia del tangata manu (hombre-pájaro) (Drake, 1992; Lee, 1992; Van Tilburg, 1994). Sin embargo, las investigaciones más recientes sugieren que las restricciones ambientales de Rapa Nui, el apetito voraz de la rata del Pacífico (Rattus exulans), y el contacto con los europeos tuvieron un rol mucho más perjudicial para el medio ambiente de Rapa Nui y para la sociedad Rapanui que la propia acción que haya tenido la comunidad. (Hunt, 2006; Hunt y Lipo 2011; Hunter-Anderson, 1998; Larsen & Simpson, 2014; Mulrooney, 2012, 2013; Mulrooney, et al. 2009; Peiser, 2005; Rainbird, 2002; Stevenson, et al 2015).

Si bien existe una tendencia a identificar a la Isla de Pascua como la *cause célèbre* de una sociedad colapsada, yo discrepo de esta idea y por el contrario, he presentado a la isla como un caso ejemplar de cambio cultural diacrónico, de organización, adaptación y sobrevivencia humana (Larson & Simpson, 2014; Simpson, 2009, n.d.3). En lugar de enfocar mi investigación doctoral en el *colapso* de la isla, me centraré en lo opuesto, poniendo de relieve la *complejidad* social prehistórica de la isla. Para ello me he propuesto investigar los patrones antiguos de organización socio-política, las normas que han guiado el consumo lítico (adquisición, intercambio y uso) y los patrones geoquímicos y espaciales del paisaje. Porque sostengo que fueron precisamente estas normas y organización espacial las que han sido responsables de apoyar el famoso y prolífico desarrollo arqueológico de la isla, incluyendo a los *moai* (estatuas) y *ahu* (plataformas).

En términos simples, mi proyecto de doctorado se centra en la interacción y territorialidad prehistóricas. Pondrá también a prueba el modelo del "colapso" que sostiene que la antigua cultura isleña se concentraba más en la competencia entre clanes (Bahn & Flenley, 1992; Diamond, 2005), que en umanga (interacción recíproca) dentro de la cultura isleña (Métraux, 1940; Englert, 1948). Para abordar estos temas estoy utilizando el movimiento de artefactos basálticos como *ohio* (hachas), *toki* (azuelas) y *hoe* (cuchillas) – identificados por sus huellas geoquímicas – desde sus fuentes geológicas hacia el lugar donde se hallaron en el registro arqueológico. Siguiendo la asociación desde las fuentes, canteras y talleres hacia los sitios arqueológicos ceremoniales y domésticos ubicados en toda la isla, creo que podemos inferir la territorialidad e interacción prehistóricas de los antiguos habitantes de la isla. (Simpson, 2014, 2015a, 2015b, n.d.2; Simpson, et al. en prep.). Mi investigación doctoral continúa con la tradición de estudiar la procedencia de los objetos líticos en la Polinesia (Allen & McAlister, 2013; Ayres, et al. 1998; Best, et al. 1992; Clark, et al. 2014; Collerson & Weisler, 2007; Stevenson, et al. 2013; Weisler, 1993, 1998; Weisler & Woodhead, 1995; Weisler, 1997 ed.), sin embargo, yo me enfocaré en el análisis de los materiales arqueológicos y geológicos encontrados en Rapa Nui, con el fin de construir una base de datos integral de alta precisión geoquímica de las fuentes basálticas. Pretendo reconstruir los patrones de interacción prehistórica a partir de la distribución espacial de los artefactos y piedras usadas para la construcción en Rapa Nui. Este trabajo complementa la investigación ya desarrollada en la Facultad de Ciencias Sociales y de la Tierra de la Universidad de Queensland y en el Museo de Field en Chicago. Además, estoy coordinando mis esfuerzos con varias instituciones y colaboradores con amplia experiencia en arqueología Rapa Nui y Polinésica, en análisis geoquímicos, Sistemas de Información Geográfica (SIG) y teoría de economía política. El diseño de mi investigación incluye también un componente de extensión arqueológica, para trabajar junto con el Museo Antropológico P. Sebastián Englert (MAPSE), Secretaria Técnica Del Patrimonio (STP) y la isla, ofreciendo oportunidades educativas a la comunidad Rapa Nui.

Trabajo con la comunidad

Tras 14 años de mantener contactos con Rapa Nui (en visitas, viviendo allí, como guía e investigador) he aprendido una lección muy importante: para poder hacer una investigación científicamente válida y aprobada por la comunidad, se debe tener la paciencia y persistencia para seguir adelante con el trabajo a pesar de los inconvenientes que puedan surgir, por lo

mismo es necesario invertir tiempo en vivir y compartir con la comunidad de la isla. Luego de ocho meses de trabajo de campo, he logrado responder algunas de las preguntas de mi investigación para el doctorado, pero al fin de cuentas esto no hizo más que suscitar más preguntas; el vicioso pero necesario ciclo de la investigación científica. Aunque muchas personas me dicen que este es un proceso natural al hacer una investigación innovadora, esta evolución puede ser inquietante, exasperante y exigente, pero al mismo tiempo es estimulante, motivadora y te cambia la vida.

Uno de los mayores obstáculos al que me enfrenté en mi trabajo de campo fue el de navegar por la compleja política social de la isla, para solicitar y conseguir la autorización para la realización de una investigación científica y obtener el permiso para salida de muestras geológicas y arqueológicas de la isla. Por ejemplo, se debe consultar a nueve entidades para hacer investigaciones científicas sobre Rapa Nui, redactar diversas solicitudes, acompañado de cartas de respaldo de colegas locales, chilenos y extranjeros, acreditación de educación e investigaciones anteriores y un curriculum vitae completo. Además, hacer presentaciones especializadas sobre mi investigación ante: el MAPSE, la STP, la CONAF (Corporación Nacional Forestal), el CMN (Consejo de Monumentos Nacionales), la CODEIPA (La Comisión para el Desarrollo de Isla de Pascua), SERNATUR (Servicio Nacional de Turismo), la Cámara de Turismo y el Parlamento Rapa Nui. Por otro lado, para hacer volar un drone sobre los sitios arqueológicos para tomar fotos panorámicas, tuve que consultar a la DGAC (Dirección General de Aeronáutica Civil) y llenar un formulario que incluía al personal involucrado, la tecnología utilizada, las fechas, horas, ubicaciones y altitud de los vuelos, con cartas de respaldo individuales de la CONAF y CODEIPA.

Sin embargo, los *permisos* que más importan no son aquellos escritos en un papel, sino los que se hacen comunicándose y siendo muy transparente con la comunidad local sobre lo que se va a hacer exactamente en su *henua* (tierra). La propiedad y uso de la tierra son temas muy delicados en Rapa Nui, especialmente si consideramos las numerosas *tomas* (ocupación de terrenos que pueden ser violentas) que han ocurrido en los últimos años (Young, 2012), y que viví directamente durante mi última estadía en la isla en 2015. Incluso, a veces para un mismo rapanui pero de otro mata (clan) es problemático entrar en el territorio de otro, para que decir de un extranjero que necesita acceder a dichos terrenos, esto les revuelve el estómago y muchas veces gritan ¡*"ka oho koe mai te henua nei"* (fuera de esta tierra)! Por ello y para evitar situaciones incómodas por ser un extranjero en una *henua* extranjera, mi política ha sido ser lo más visible y adaptable posible, escuchando y comprendiendo las palabras disfrazadas de apoyo y respetar todos los protocolos establecidos por las entidades estatales y principalmente locales.

En algunos momentos sentía que estaba en una campaña de relaciones públicas arqueológica, divulgando el diseño de mi investigación en la estación de radio (Manukena 88.9) y en el canal local de T.V. (Mata ote Rapa Nui). También caminé, anduve en bicicleta y manejé de casa en casa, de campamento en campamento y de fogata en fogata para defender mi caso de por qué otro gringo debiera poder seguir haciendo más investigación en terreno, retirar material cultural sagrado y valioso de la isla y enviarlo al otro lado del Pacífico, usar metodologías destructivas para hacer un análisis geoquímico de materiales arqueológicos y geológicos cuando ya tantos otros habían venido a hacer lo mismo, según ellos. Cuando les decía a la gente que mi interés es usar la arqueología científica para responder a preguntas sobre la interacción social y territorialidad prehistóricas de la isla, algunos Rapanui comentaban: "…tus respuestas ya están en la tradición oral ¿para qué hacer más investigaciones"?

Lamentablemente, también, he debido luchar con el impacto negativo que algunos investigadores sobre Isla de Pascua han producido al llevarse (artefactos, muestras e información) y que a duras penas han dejado algo mínimo en compensación para el mismo pueblo rapanui; una realidad que la comunidad Rapa Nui conoce muy bien. Por ejemplo, algunos de mis informantes destacaron que muchos investigadores se quedan en la isla por períodos tan cortos que no dan tiempo suficiente: (1) para que las asambleas locales y entidades que otorgan permisos puedan discutir y aprobar los proyectos siguiendo sus protocolos y el ritmo de la vida isleña; (2) para que los Rapanui puedan participar en la arqueología pública; y (3) para incluir el trabajo de campo actual y la investigación en curso, dentro del currículo escolar de la isla. Otros informantes ponen de relieve que algunos investigadores extranjeros no dominan el español y/o el idioma Rapanui, lo que limita la información que se devuelve a la comunidad isleña en forma de presentaciones y exposiciones públicas y en contextos educacionales. Un informante dijo "estos gringos vienen de afuera, hacen su investigación, vuelven a sus universidades y cuando nosotros y nuestros

hijos queremos saber algo de sus trabajos sobre la cultura de nuestra isla, tenemos que comprar un libro”. Obviamente se necesita establecer mejores relaciones entre los investigadores y la información relacionada y la comunidad de la isla.

Mientras esperaba por mis permisos, me mantuve ocupado revisando la investigación en que estaba trabajando con el célebre historiador Rapanui Carlos A. Paoa Huki sobre la colección antropológica del Hotel Hotu Matu'a (Simpson 2015b, Simpson & Paoa, n.d). Con más de 700 objetos, 1.000 libros, 8.000 fotos y 300 artículos de revistas y diarios sobre la isla, la compilación de Carlos es la mayor colección privada sobre rapanui en la isla. En 2011 comenzamos el proceso de documentar y registrar la colección con la esperanza de co-curar una exposición para exhibir los artefactos rapanui arqueológicos, históricos y contemporáneos únicos que Carlos posee. Ha sido un trabajo muy gratificante porque hemos logrado tender un puente entre las comprensiones éticas y émicas de los artefactos (Headland, et al. 1990). Sin embargo, uno de los mejores resultados de esta aventura común ha sido la amistad que hemos creado y un nuevo respeto que tenemos, no sólo uno por el otro, sino también por la variedad y complejidad de la cultura material e inmaterial de Rapa Nui. A medida que avanzamos, estamos elaborando un artículo para una revista científica (Simpson & Paoa, en prep.) y un catálogo de su colección con fotos de gran calidad y un etiquetado e interpretación de los artefactos con base antropológica.

He trabajado también como asesor para Ka'Ara Conciencia Ambiental. Nuestro proyecto más importante fue retirar el material acumulado y basura encontrados en la costa norte de la isla, desde Ovahe por el este hasta Mahatua. Si bien se ha estado trabajando por años en la limpieza costera, este fue el primer intento por cuantificar el volumen de contaminación por materiales que llegan a la isla. Con más de 80 personas de distintas asociaciones de la isla trabajamos durante tres horas en la playa y áreas costeras, recogiendo más de 800 kilos de desechos. El material recuperado que llega todos los días a la costa de la isla incluye micro-plásticos (en Ovahe recogimos tres bolsas de un litro cada una en dos horas), plásticos duros y flexibles, aluminio y vidrios. Sorprende ver que casi el 60% de todo el material recuperado (por peso) viene de las cuerdas y redes de los grandes barcos factoría que pescan atún y peces pelágicos en torno de la isla. Lamentablemente, no solamente estos barcos están efectuando una sobre captura de especies cultura les y económicamente valiosas, sino también están dejando que los desechos de su actividad pesquera terminen en la costa de la isla contaminándola. Otra idea que hemos analizado es cuánto de esta basura oceánica se relaciona con el desplazamiento de la “Gran Mancha de Basura del Pacífico” (NOAA, 2013). Pero cualquiera sea el origen del material, al trabajar junto con la comunidad de la isla nos dimos cuenta que si deseábamos que Rapa Nui fuera un lugar más limpio, debíamos ensuciarnos las manos para dar el ejemplo a las generaciones actuales y futuras. Estábamos también decididos a hacer llegar el mensaje sobre las fuentes de la contaminación oceánica que afecta a Rapa Nui (Simpson, 2015b; Yancovic Pakarati, et al. n.d.). Por eso, estamos trabajando con grupos como PEW *Charitable Trusts* y *Race 4 Water* para combatir los desechos oceánicos que llegan a la costa de Rapa Nui.

Trabajo con la educación

Para mi es una gran satisfacción tener la oportunidad de retribuir a la comunidad Rapa Nui con mi trabajo y conocimientos. Por este motivo participé en el diseño del currículo y enseñé en dos proyectos de extensión educacional patrimonial sobre la isla. Proyecto *Terevaka Archaeological Outreach* de Brett Shepardson y Manu Iri coordinado por la STP y el MAPSE.

Con el proyecto TAO, que tuvo el auspicio del Hotel Explora, tuve la posibilidad de poder enseñar a estudiantes secundarios locales acerca la formación geomorfológica de la isla, incluida su geología, análisis geoquímico de materiales arqueológicos y geológicos (Shepardson, et al. 2014). Aunque he trabajado por muchos años en este proyecto de extensión, siento que TAO tiene un enorme mérito ya que en estos últimos 11 años ha visto pasar a casi 100 alumnos por el programa, con algunos egresados que se han graduado más tarde en arqueología y conservación (Shepardson, et al. 2011; Shepardson, 2013; Simpson 2015a, n.d.5). Si debiera juzgarse un programa de extensión arqueológica por su permanencia, su compromiso de largo plazo y éxito, TAO debería considerarse como un modelo para proyectos actuales y futuros. La estrategia educacional práctica que parte desde la base comunitaria, (padres, alumnos) hacia arriba (instituciones, colegios) ha demostrado ser eficiente en el cumplimiento de los objetivos de TAO. De hecho, yo mismo he aplicado el modelo educativo de TAO en programas de extensión arqueológica que hemos organizado en el nuevo Centro de Educación e Investigación Arqueológica de la Universidad de Queensland (Simpson, et al. 2013, n.d.).

A fines de Junio de 2014, el MAPSE y la STP lanzaron *Manu Iri*, un programa dirigido a niños de 9 a 12 años, centrado en la generación de "guardianes del patrimonio" para el futuro de Rapa Nui (Mata ote Rapa Nui, 2014; Moe Varua, 2014; Simpson, 2015a; Torres Jeria, et al. 2015). Este programa está enfocado en enseñar los distintos aspectos del patrimonio natural y cultural de Isla de Pascua, incluyendo: geología, arqueología, antropología, tradiciones orales, producción de alimentos, lenguaje, flora y fauna y los problemas ambientales que enfrenta la isla. Tiene dos componentes: teoría y práctica. En el componente teórico utilizamos las colecciones del MAPSE, la Biblioteca William Mulloy, y expertos locales, nacionales y e internacionales para presentar charlas y actividades de laboratorio y clases. En la etapa de componentes prácticos nos dirigimos a terreno donde ponemos nuestra teoría en acción. Entre los componentes de nuestro trabajo en terreno tenemos excursiones y recolecciones geológicas, visitas y caminatas por cavernas y sitios arqueológicos, levantamientos geofísicos y actividades agrícolas en las que nuestros participantes aprenden de la producción ancestral de alimentos Rapanui. Organicé también una visita de terreno a los sitios que estoy investigando para mi doctorado, a saber, canteras basálticas de grano fino. Allí tuve la posibilidad de enseñar a nuestros alumnos sobre documentación e interpretación arqueológica, fabricación de herramientas de piedra y gestión de importantes sitios patrimoniales. En total y en menos de un año (de Junio 2014 a Mayo 2015) Manu Iri organizó 26 talleres libres que incluían el equipamiento, alimentación y transporte a terreno de más de 30 niños de la isla. Ver a los jóvenes y sus familias tan interesados en su célebre (pre)historia me hizo sentir extremadamente orgulloso y me confirmó la razón básica de mi interés en la educación desde la antropología. Estoy excepcionalmente orgulloso de Manu Iri y creo de todo corazón que el programa tiene una misión extremadamente importante y que su personal y voluntarios están creando a los guardianes del patrimonio del futuro.

Trabajo geoarqueológico

Este trabajo consiste en ir a terreno acompañado por miembros de la comunidad rapanui para buscar las fuentes y canteras de los artefactos de basalto hechos cientos de años atrás. Hasta esta fecha e identificado cinco complejos principales de basalto de grano fino para herramientas (Figura 1).

Mientras la costa norte y noreste cuentan con fuentes de materia prima para *toki* y *ohio*, la costa sudoeste (incluyendo Rano Kau y Vai Atare) muestran evidencias de extracción de *keho* (láminas de piedras planas) que se utilizaba para la fabricación de *hoe* y *mangai* (anzuelos de pesca). En total, he registrado 81 sitios entre talleres, fuentes y canteras, en estos sectores. Cuando estoy en un sitio, mi proceso de documentación incluye tomar las coordenadas por GPS, fotos y videos (con cámara y drone), medir las dimensiones de la cantera, identificar áreas de reducción y talla (fabricación de herramientas de piedra), y en general, cualquier evidencia que permita establecer la secuencia operacional de la fabricación de herramientas. Finalmente, extraje 20 gramos de cada una de las muestras geológicas recogidas en superficie. De ellos, 10 gramos fueron llevados a la UQ para su análisis geoquímico y los restantes 10 gramos se guardaron en el MAPSE, quedando como un "banco" para análisis futuros.

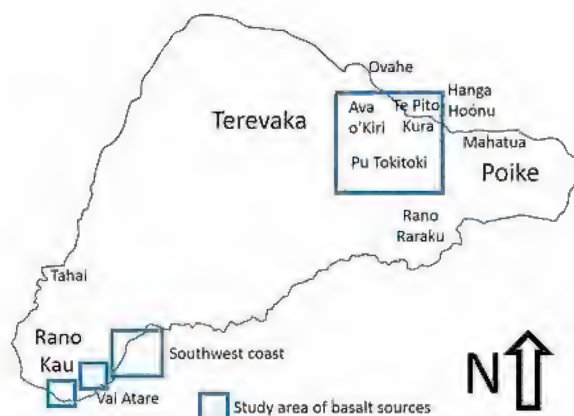


Figura 1 – Mapa de Rapa Nui con lugares importantes del estudio

En la costa sudoeste, en Rano Kau y Vai Atare, hemos registrado 40 sitios de talleres, fuentes y de canteras *keho* que se usaron para hacer una variedad de herramientas y estructuras (Figuras 2-3). Aquí es muy fácil ver cómo los antiguos rapanui extraían múltiples capas geológicas de *keho*, creando en el proceso numerosas minas. Una de estas minas tiene ~20 metros de profundidad por 1,5m de alto, atestiguando la destreza excavadora de los antiguos rapanui (Simpson, 2015a, 2015b, n.d.1). Con los próximos resultados geoquímicos esperamos poder diferenciar las áreas de producción de *keho*, las canteras individuales dentro de cada área y las industrias líticas extraídas de este sector.



Figura 2 – Cantera de keho en la costa suroeste (Foto Dale F. Simpson Jr.)



Figura 3 – Cantera de keho en Rano Kau (Foto Dale F. Simpson Jr.)

En Ava o'Kiri y en Hanga Ho'onu, seguí el inmenso trabajo de Chris Stevenson y Sonia Haoa, cuya prospección arqueológica del área ha registrado más de 50 canteras, fuentes y talleres de basalto (Stevenson & Haoa, 2008). De lo que he observado y recopilado de informantes locales, es la mayor concentración de basalto de calidad para herramientas en la isla y se merece más atención e investigación; esto es aún más cierto si consideramos que mientras algunos de los famosos *moai* y *ahu* de la isla se encuentra bajo supervisión, ninguna cantera basáltica (o de obsidiana) en este sector o dentro de la isla está protegida de amenazas como el pisoteo de caballos y ganado, de incendios, de turistas que coleccionan artefactos ni de la extracción de materiales por habitantes de la isla para construir casas y poblados. Mediante mi investigación espero crear consciencia sobre estos valiosos sitios arqueológicos, porque si se destruyen también se destruirá gran parte del pasado material de la isla; la protección y manejo son esenciales.



Figura 4 – Una cantera y un taller de basalto en Pu Tokitoki (Foto Dale F. Simpson Jr.)

En Pu Tokitoki y Ava o'Kiri, existe una importante evidencia de la producción intensiva de herramientas de piedra de grano fino (Figura 4). Respecto del proceso de explotación minera (Simpson, 2015a, 2015b, n.d.1), los antiguos rapanui aprovecharon al máximo el *puku* (afloramientos) que presentan múltiples flujos de lava. Aparentemente, la extracción de flujos estratigráficamente más recientes y la separación y remoción de piedras fueron los primeros pasos en la secuencia de reducción lítica. De igual manera que en la fabricación de *paenga* (McCoy, 2014), las 'cuñas' angulares podrían haber funcionado para abrir y mantener el espacio entre los agujeros y brechas existentes en el flujo, en tanto poro (cantos rodados de playa) y otras piedras se usaron como martillos para extraer nódulos y núcleos utilizables. Pueden haber utilizado también la desintegración por agua y fuego para lograr desprender piedras en el sitio (SkjØlsvold, 1961; McCoy, 2014). El volcanismo más reciente en el área ha creado *papa* (flujos basálticos vesiculares planos) que fueron extraídos y usados para fabricar 1) las piedras de cordón labradas para cimientos (*paenga*) encontradas en *hare paenga* (hogares de la élite) y *ahu* y 2) *pae* (bloques basálticos no tallados) usados en *umu* (hornillos de tierra), *hare vaka* (casa en forma de bote con pae), *hare oka* (casa circular con *pae*), casas rectangulares, *manavai* (jardines), *tupa*, (torres de observación) *pipi horeko* (delimitadores), *ana kionga* (cavernas de refugio). Bajo el flujo del *papa* existen capas de lava no consolidada que casi indiscutiblemente fueron extraídas y utilizada para relleno de *ahu* y para crear jardines con un mantillo o *mulch* de piedra. Debajo de estas capas no consolidadas se encuentran piedras grises (color Munsell 5YR 5/1) de grano fino (similares a Te Pito Kura)

de 10 a 80 cm de largo con muy poca o ninguna inclusión y que son predominantemente hawaitas (Simpson, et al. en prep). Este material geológico fue extraído en gran cantidad de la cantera para reducirlo luego y moldearlo en una variedad de herramientas de piedra. Normalmente contiguos o cerro abajo de un *puku* explotado se encuentran testimonios sustanciales de *pu* (depósitos de material) donde se guardaban las piedras de hawaita extraídas y que se usaban también en la etapa de reducción lítica (Ayres, et al. 1998; Simpson, et al. en prep.; Stevenson & Haoa, 2008). En general y en torno a los bordes del *pu* y del *puku* se encuentran fragmentos de laminillas o debitage que son restos de la secuencia de reducción lítica. En ciertas ocasiones se encuentran miles de laminillas en torno de las áreas de canteras, testimonio de una producción intensiva de herramientas basálticas.

Trabajo museológico en MAPSE

El segundo componente de mi proyecto de doctorado es la evaluación tecnológica y análisis geoquímico de materiales arqueológicos de basalto. Debo destacar que mi trabajo no incluyó una excavación de los sitios de la isla, sino en cambio hice una "explotación minera" de las grandes colecciones arqueológicas del museo. Para ahorrarme tiempo, esfuerzo y financiamiento necesarios para realizar una excavación científica en la isla (sin mencionar la necesidad de obtener más permisos), utilicé estas colecciones que contienen más de 20.000 objetos y muestras curadas de múltiples investigadores, algunas de las cuales se encuentran bien documentadas temporal y espacialmente. Gracias a mi asociación con muchos investigadores de Rapa Nui (ver la sección "Agradecimientos") junté una selección de 62 artefactos provenientes de sitios ceremoniales y de habitación conocidos, además de 25 fragmentos de artefactos y laminillas de los sectores de Hanga Ho'onu y Rano Raraku. La selección de artefactos en el MAPSE me ha dado la posibilidad de revisar colecciones que aún no habían sido estudiadas y que se mantenían guardadas en el museo por muchos años. Siento simplemente que estoy dando a estas importantes piezas del patrimonio otra oportunidad de demostrar su importancia y, una vez más, de iluminarnos sobre la prehistoria de Rapa Nui.

Avance del estudio

Mientras se ha establecido que los antiguos rapanui fueron navegantes, astrónomos, arquitectos, ingenieros, cazadores y recolectores, agricultores, horticultores, sacerdotes, guerreros, atletas y artistas, el trabajo arqueológico desarrollado por el *Deutschen Archäologischen Instituts* en Ava Ranga Uka, demostró como los isleños prehistóricos también fueron hidrólogos (Vogt & Moser, 2010). Al hacer represas y estructuras para controlar y canalizar el flujo de agua que descendía del Rano Aroi y seguía su curso hacia Ava Ranga Uka hasta llegar al océano en el sector de Akahanga, los antiguos Rapanui encontraron caminos para recolectar y preservar los recursos hídricos encontrados en las afueras de los tres cráteres de la isla. Sin embargo, después de ocho meses de trabajo de campo, otra especialidad industrial salió a la luz: los antiguos rapanui, como prolíficos mineros de basalto.

Desde las primeras investigaciones en la isla, se ha notado que los isleños efectivamente han realizado operaciones mineras de gran escala como en la cantera de los *moai* en el Rano Raraku y en la cantera de los *pukao* (sombreros) en Puna Pau. Otros materiales que fueron extraídos por los antiguos mineros isleños fueron la obsidiana y la *kie'a* (pigmento mineral). Los rapanui prehistóricos también inventaron muchos sistemas y técnicas para extraer y trabajar con basalto a gran escala. Estos ejemplos ilustran que los antiguos rapanui debían tener un gran conocimiento geológico, socio-político y de organización laboral, especialmente para la mantención de las canteras y su tecnología.

El último descubrimiento importante en mi investigación fue el hallazgo de canteras de basalto de grano fino, con máscaras de Make-Make. En ambos Ava o' Kiri y Pu Tokitoki, encontramos seis canteras con la presencia de petroglifos de Make-Make (Figura 5). Normalmente éstos se grababan en el área de reciente extracción de material lítico. Encuentro fascinante esta distribución espacial que se ajusta a los petroglifos de Make-Make y *mata* (ojos) encontrados en otras canteras megalíticas alrededor de la isla (Hamliton, et al. 2014), tanto en las bases de los moai caídos como los del Ahu Akivi (Mulloy & Figeroua, 1978). Seguramente, después que los *moai* perdieron su poder ideológico y socio-político durante la transición al culto del *tangata manu* (hombre pájaro), antiguos símbolos de la elite fueron Make. Antiguos símbolo de la elite fueron reemplazados por símbolos de la nueva guardia; en estos casos, cambiando *moai* y *ahu* por ojos y máscaras del dios Make-Make.

En mi interpretación, no solo existió una demarcación lítica y quizás una profanación de los *moai* y las canteras megalíticas, sino también estuvieron marcando y observando las canteras que fueron útiles para producir las herramientas para esculpir los *moai* y *pukao*. Ello subrayaría que había reglas para monitorear la minería, el grabado y la producción megalítica. Con los trabajos de campo a futuro y el posterior análisis de los descubrimientos, espero corroborar esta interpretación.



Figura 5 – Petroglifos de Make Make en Ava o'Kiri (Foto Dale F. Simpson Jr.)

Para terminar, pienso que Rapa Nui fue un paraíso geológico para los Polinésicos que la colonizaron, los múltiples tipos de rocas disponibles fueron eficientemente utilizados por los rapanui prehistóricos, donde sobresalieron en la fabricación de una arquitectura megalítica única, en artículos domésticos y de material cultural. Los Rapanui tuvieron sus estrategias y tecnologías de extracción lítica con que se desarrolló una industria especial de minería prehistórica. Finalmente, insisto en la necesidad urgente de una mayor protección de todas las canteras líticas de la Isla. Ellas son una fuente importante de información sobre los mineros prehistóricos de Rapa Nui.

Programación de las próximas actividades

De regreso en la UQ he estado trabajando con la Facultad de Ciencias de la Tierra en el análisis geoquímico de las muestras geológicas y arqueológicas. Para emplear el procedimiento de muestreo menos destructivo para el análisis geoquímico, estoy utilizando la metodología descrita en Ma, et al. (2010). Usando micro perforación de diamante en el material fuente y los artefactos se necesita solamente muestras de 10mg, puesto que este volumen "es suficiente para una caracterización geoquímica de alta precisión del basalto de grano fino, dando nuevas oportunidades para una caracterización geoquímica mínimamente destructiva de valiosas colecciones de museo de azuelas de basalto y otros artefactos encontrados en todo el mundo" (Ma, et al. 2010:891). Contando ya con la evidencia geoquímica, se usarán Sistemas de Información Geográfica y programas estadísticos para medir la distancia de obtención desde las canteras fuente hacia los sitios ceremoniales y de habitación.

Esta información permitirá evaluar si la adquisición y uso reflejan la antigua organización socio-política Rapanui de acuerdo a sus registros etnográficos, etnolingüisticos y/o arqueológicos. (Hotus, et al. 1988; Routledge, 1919; Stevenson, 2002). También se abordarán los modelos de obtención, distribución y uso del recurso (Ayres, et al. 1998; Beardsley, et al. 1996; Gioncada, et al. 2010; Hamilton, et al. 2011; Lee, 1992; Simpson, 2008, 2009, n.d4; Stevenson, 1997; Stevenson, et al. 2005, 2013; Vargas, et al. 2006; Van Tilburg, 1994; Van Tilburg, et al. 2008) junto a las interpretaciones actuales del supuesto colapso socio-ecológico de la isla (Bahn & Flenley, 1992; Diamond, 2005; Hunt, 2006; Hunt & Lipo, 2011; Larsen & Simpson, 2014; Mulrooney, et al. 2009; Mulrooney, 2012, 2013; Rull, et al. 2013; Simpson n.d3).

CONCLUSIÓN

Con mis ocho meses de trabajo de campo para doctorado ya finalizados, he aprendido que para realizar una investigación científicamente válida y aprobada por la comunidad sobre Rapa Nui, se debe tener la paciencia y perseverancia para ver avanzar el trabajo.

Se debe practicar también *umanga* y ojalá retribuir más a la comunidad de la isla de lo que uno está tomando: un aprendizaje crucial para todos los investigadores interesados en hacer una investigación en la isla.

Estas tres temporadas en terreno no solamente han renovado mi pasión por la prehistoria de Isla de Pascua, sino también por el pueblo contemporáneo que llama Rapa Nui a su hogar.

AGRADECIMIENTOS

Nadie es una isla, ¡especialmente en Rapa Nui! Sin los numerosos y grandes amigos, colegas e informantes en la isla y fuera de ella no habría podido llevar a cabo mi investigación para el Doctorado. En primer lugar quisiera agradecer a la Universidad de Queensland por su apoyo y por sobre todo quisiera agradecer a Marshall Weisler. Su guía y experticia en la arqueología y geoquímica polinésica han sido un modelo para mí. Quisiera también agradecer a Tinna Manne por sus valiosos comentarios y edición de documentos. Un agradecimiento especial a Emma St. Pierre por preparar las muestras para el análisis geoquímico. Agradezco también a todos mis colegas de la UQ que me han recibido y tratado como uno de los suyos.
El financiamiento de la investigación de campo provino de una beca "UQ Centennial" (Simpson), una beca de Investigación Internacional de Postgrado (Simpson) y de fondos estratégicos para el programa de Arqueología (Weisler). El financiamiento para realizar los análisis geoquímicos provino de una beca de descubrimiento del Consejo Australiano de Investigaciones (Weisler) y de una beca de la Facultad de Ciencia Social de la Universidad de Queensland (Simpson).
Quisiera agradecer tanto a las instituciones locales de Rapa Nui y del estado de Chile por haberme autorizado a llevar a cabo una investigación geológica y arqueológica (Número de Permisos 003523-14; 003524-14; 003525-14) incluyendo a: MAPSE, CONAF, CMN, STP, CODEIPA, SENATUR, DGAC, la Cámara de Turismo y el Parlamento Rapa Nui.
Quisiera también agradecer a los siguientes colaboradores que me han dado una retroalimentación muy sólida, orientaciones y/o me han permitido usar sus colecciones: Burkhard Vogt (DAI); Chris Stevenson (Virginia Commonwealth); Jo Anne Van Tilburg (UCLA/EISP); Claudio Cristino y Patricia Vargas (Universidad de Chile); Brett Shepardson (Terevaka Archaeological Outreach/Northern Arizona University); Andrea Seelenfreund (Universidad Academia de Humanismo Cristiano); Francisco Torres (MAPSE); Pelayo Tuki (MAPSE); Lilian López Labbé (MAPSE); Valeska Chávez Pakomio (MAPSE); Santonio Tepano (MAPSE); Vai A Tare Haumaru (MAPSE); Paula Valenzuela (MAPSE); Titilok Pakomio (MAPSE); Paula Aguirre Reyes (MAPSE); Nicolás Yancovic Pakarati y Tuti Lillo Haoa (Ka' Ara); Sebastián Yancovic Pakarati (Proyecto Manu); Vaihere Tuki Haoa (EISP); Edmundo Pont (CMN); Jhonny Tuki (CMN); Merahi Atam (CMN); Lya Diana Edmunds (CMN); Paulina Torres Jeria (CMN); Jimena Ramírez (STP); Susana Nahoe (CONAF); Melinka Cuadros(CONAF); Hotu Matu'a Pate (CONAF); Anakena Manutomatoma (CODEIPA); Osvaldo Pakarati (CODEIPA); Sebastián Paoa Águila (SENATUR); Patricio Arévalo Salgado (DGAC); George Poblete Pinochet (DGAC); *Suvi Hereveri (Manu Iri)*; Stephanie Pauly y Karlo Huke Atan (fallecido). Quiero agradecer también a LAN Chile y Air Tahiti Nui por eximirme del pago de exceso de equipaje.
Hai mahatu Maria Soraya Laharoa Navarro, Dale F. Simpson Sr., Charlene Rose Kobes Simpson y Jerónimo Simpson González.
Finalmente, agradezco a la comunidad Rapanui: *maururu ki te mahingo Rapanui.*

REFERENCIAS

Allen, M. y McAlister, A. 2013. Early Marquesan Settlement and Patterns of Interaction: New Insights from Hatiheu Valley, Nuku Hiva Island. Journal of Pacific Archaeology (4): 90–109.

Ayres, W., Fitzpatrick, S.,Wozniak, J, et al. 1998. Archaeological Investigations of Stone Adzes and Quarries on Easter Island. En: Easter Island in Pacific Context South Seas Symposium. Proceedings of the Fourth International Conference on Easter Island and East Polynesia. Los Osos: Easter Island Foundation, 304-11 p.

Bahn, P. y Flenley, J. 1992. Easter Island, Earth Island. London: Thames and Hudson.

Beardsley, F., Goles, G. y Ayres, W.. 1996. Provenance studies on Easter Island obsidian: An archaeological application. En: Archaeological Chemistry: Organic, Inorganic and Biochemical Analysis, American Chemical Society Symposium Series. (Orna, M.) Washington, DC.: American Chemical Society, pp. 587-595.

Best, S., Sheppard, P., Green, R. y Parker, R. 1992. Necromancing the stone Archaeologists and adzes in Samoa. Journal of the Polynesian Society 101 (1): 45–85.

Clark, G., Reepmeyer, C., Melekiola, N., et al. 2014. Stone tools from the ancient Tongan state reveal prehistoric interaction centers in the Central Pacific. Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A. 111 (29): 10491-10496.

Collerson, K. y Weisler, M. 2007. Stone adze compositions and the extent of ancient Polynesian voyaging and trade. Science 317: 1907–1911.

Diamond, J. 2005. Collapse. Oxford: Oxbow.

Drake, A., 1992. Easter Island: the ceremonial center of Orongo. Cloud Mountain Press; Easter Island Foundation, Old Bridge, NJ.

Englert, S. 1948. La Tierra de Hotu Matu'a: Historia y Etnología de la Isla de Pascua. Santiago: Editorial Universitaria.

Gioncada, A., Gonzalez-Ferran, O., Lezzerini, M. et al. 2010. The volcanic rocks of Easter Island (Chile) and their use for the Moai sculptures. European Journal of Mineralogy (22):855-867.

Hamilton, S., Thomas, M. y Whitehouse, R.. 2014. Technical Report: A Survey of Eye Petroglyphs at Rano Raraku. DOI: 10.13140/2.1.1055.9368 Report number: LOC10, Affiliation: Rapa Nui Landscapes of Construction.

Hamilton, S., Thomas, M. y. Whitehouse, R. 2011. Say it with stone: constructing with stones on Easter Island. World Archaeology 43:167-90.

Headland, T. Pike, K. y Harris, M. 1990. Emics and Etics: The Insider/Outsider Debate. New York, NY: Sage.

Hotus, A. y the Consejos de Ancestros. 1988. Te Mau Hatu'o Rapa Nui. Santiago: Simon Bolivar.

Hunt, T. 2006. Rethinking the Fall of Easter Island. American Scientist (94):415-19.

Hunt, T. y Lipo, C. 2011. The Statues that Walked. New York, N.Y.: Free Press.

Hunter-Anderson, R.. 1998. Human vs climatic impact at Rapa Nui: Did the people really cutdown all those trees?, En:. Easter Island in Pacific Context (Stevenson, C., Lee. G. Morin, F.) pp. 85-99.

Kirch, P. 1984. The Evolution of the Polynesian Chiefdom. Cambridge: Cambridge University Press.

Kirch, P. 2000. On the Road of the Winds: An Archaeological History of the Pacific Islands Before European Contact. Berkeley: University of California Press.

Larsen, A. y Simpson, D. Jr. 2013. Comment to Rull Challenging Easter Island's Collapse: the need for interdisciplinary synergies. Frontiers in Ecology and Evolution(2):56.

Lee, G. 1992. Rock art of Easter Island: symbols of power, prayers to the gods. Los Angeles, CA: .Institute of Archaeology, University of California Los Angeles.

Ma, J., Bolhar, R.., Weisler, M., et al. 2011. Reproducibility of elemental analyses of basaltic stone artefacts by quadruple ICP-MS using different sample sizes and digestion methods, with implications for archaeological research. Archaeometry (53):890-899.

Mate ote Rapa Nui. 2014. Taller Manu Iri. Video Clip. https://www.youtube.com/watch?v=_uW4ZRopUfE [Consultado el 9 de marzo 2015].

McCoy, P. 1976. Easter Island settlement patterns in the late prehistoric and protohistoric periods, Easter Island. Washington, D.C.: Committee International Fund for Monuments Inc.

McCoy, P. 2014. The dressed stone manufacturing technology of Rapa Nui: A Preliminary model based on evidence from the Rano Kau, Maunga Tararaina, and Ko Ori quarries. Rapa Nui Journal 28 (2):5-23.

Métraux, A. 1940. Ethnology of Easter Island. Honolulu: The Bishop Museum.

Moe Varua 2014. Manu Iri – Futuros Guardians del Patrimonio. Revista Moe Varua (79):1-4.

Mulloy, W.1995. The Easter Island bulletins of William Mulloy. New York: World Monuments Fund New York.

Mulloy, W. y Figeroua, G. 1978. The A Kivi-Vai Teka Complex and its relationship to Easter Island architectural prehistory. Honolulu:Social Science Research Institute University of Hawaii at Manoa.

Mulrooney, M. 2013. An island-wide assessment of the chronology of settlement and land use on Rapa Nui (Easter Island) based on radiocarbon data. Journal of Archaeological Science (40):4377-4399.

Mulrooney, M. 2012. Continuity or Collapse? Diachronic Settlement and Land Use in Hanga Ho'onu, Rapa Nui (Easter Island). Unpublished Ph.D. thesis, Department of Anthropology, University of Auckland.

Mulrooney, M., Ladefoged, T., Stevenson, C. y Haoa, S. 2009. The Myth of AD 1680: New Evidence from Hanga Ho'onu, Rapa Nui (Easter Island). Rapa Nui Journal 23(2):94-105.

National Oceanic & Atmospheric Adminstration (NOAA) 2013. Where are the Pacific Garbage Patches? Disponible en: http://response.restoration.noaa.gov/about/media/where-are-pacificgarbage patches.html. [Consultado el 8 de Marzo 2015].

Peiser, B. 2005. From Genocide to Ecocide: The Rape of Rapa Nui. Energy and Environment (16):1-29.

Rainbird, P. 2002. Message for our future? The Rapa Nui (Easter Island) ecodisaster and Pacific island environments. World archaeology (33): 436-451.

Routledge, K., 1919. The Mystery of Easter Island. Washington D.C.: National Geographic Magazine, 1921.

Rull, V., Canellas-Bolta, N. Saez, A., et al. 2013. Challenging Easter Island's collapse: the need for interdisciplinary synergies. Frontiers in Ecology and Evolution (1): 3.

Shepardson, B. 2013. Moai: a New Look at Old Faces. Santiago: Rapa Nui Press.

Shepardson, B., Shepardson, D., Droppelmann,G., et al. 2014. Terevaka Archaeological Outreach 2014 field report: Meeting community objectives. Rapa Nui Journal 28(2):61-5.

Shepardson, B., Barrera,N., Gulbraa, R., et al. 2011. Terevaka.net Archaeological Outreach 2011 field report: Less is more. Rapa Nui Journal 25(2)55-57.

Simpson Jr., D. 2015a. 2014-15 Ph.D. fieldwork report. Rapa Nui Journal 29(1):58-66.

Simpson Jr., D. 2015b Prehistoric miners of Rapa Nui (Easter Island). Revista Moe Varua (58):1-5

Simpson Jr., D. 2014. A review of Rapa Nui's geodynamic, volcanic, and geologic evolution. Apuntes de la Biblioteca William Mulloy (3):3-33.

Simpson Jr., D. 2009. Rapa Nui's Political Economy and the Visibility of its Monumental Architecture, Rapa Nui Journal 23(2):131-148.

Simpson Jr., D. 2008. Political Economy and the Visibility of Easter Island's Monumental Architecture, Unpublished M.A. thesis, Department of Anthropology, University of Auckland.

n.d.1 Mineros Prehistoricos de Rapa Nui. Paper presented at the Father Sebastian Englert Anthropological Museum, Hanga Roa, Rapa Nui, Chile, 2015.

n.d.2 Sourcing Prehistoric Interaction of Rapa Nui (Easter Island): Modelling the Development of Social Complexity in Extreme Isolation. Ph.D. Milestone Document University of Queensland, School of Social Sciences (Archaeology), 2014.

n.d.3 Do people still live on Easter Island? Collapse versus progress. Paper presented at the University of Queensland's Perspectives on Progress Conference, Brisbane, Australia, 2013.

n.d.4 Sociopolitical Visualscapes of Rapa Nui. Paper presented at the VIII International Conference on Easter Island and the Pacific, Santa Rosa, CA., 2012.

n.d.5 Public Archaeology on Easter Island. Paper presented at the 50th Annual Manitoba Archaeology Society, Winnipeg, Canada, 2011.

Simpson Jr., D., Clarkson, C., Thomas, E. 2013. One-hour archaeology experience and educational outreach at The University of Queensland's Archaeological Teaching and Research Centre. School of Social Science Newsletter 19.

Simpson Jr. D. y Paoa Huki, C. 2012. The Hotel Hotu Matu'a Collection. Paper presented at the VIII International Conference on Easter Island and the Pacific, Santa Rosa, CA.

Simpson Jr. D. y Paoa Huki, C. (in prep.) The Hotel Hotu Matu'a Collection: Co-Curation of Rapa Nui's exceptional material culture.

Simpson Jr., D.., Clarkson, C., Thomas, E., et al. 2014. Archaeological outreach and cross-curriculum learning at The University of Queensland's Archaeological Teaching and Research Centre. Paper presented at the 37th Annual Australian Archaeological Association, Australia.

Simpson Jr., D., Weisler, M., St. Pierre, E., et al. (in prep.) High-Precision Geochemistry of the Rua Tokitoki Basalt Quarry and Poike Source on Rapa Nui.

Skjolsvold, A. 1961. Tuu-Ko-Ihu Village. In: Reports of the Norwegian Archaeology of Easter Island. (Heyerdahl, T. y Ferdon Jr) Sante Fe: School of American Research and the Museum of New Mexico, pp. 277-289.

Stevenson, C. 1997. Archaeological investigations on Easter Island: Maunga Tari, an upland agricultural complex. Los Osos, CA.: Bearsville Press & Cloud Mountain Press.

Stevenson, C. 2002. Territorial divisions on Easter Island in the sixteenth century: evidence from the distribution of ceremonial architecture. En Pacific landscapes: Archaeological approaches. (Graves, M. y Ladefoged, T.) Los Osos, CA.: Easter Island Foundation, pp. 213-229.

Stevenson, C. y Haoa, S. 2008. Prehistoric Rapa Nui: Landscape and Settlement Archaeology at Hanga Ho'onu. Los Osos, CA.: Easter Island Foundation.

Stevenson, C., Puleston,C., Vitousek, P., et al. 2015. Variation in Rapa Nui (Easter Island) land use indicates production and population peaks prior to European contact.

Stevenson, C., Ladefoged, T., Haoa, S., et al. 2013. Prehistoric Obsidian Exchange on Rapa Nui. Journal of Island and Coastal Archaeology (8):108-121.

Stevenson, C., Ladefoged, T., Haoa, S. y Guerra, A. 2005. Managed Agricultural Production in the Vaitea Region of Rapa Nui, Chile. En: The Reñaca Papers. Proceedings of the VI International Conference on Rapa Nui and the Pacific. (Stevenson,C., Ramirez, J., Morin, F. y Barbacci, N.) Los Osos: Easter Island Foundation, pp. 125-13.

Torres Jeria, P., Simpson Jr., D. y. Hereveri, S. 2015. Manu Iri: Guardianes por el Patrimonio. Correo del moai (38):12-3.

Van Tilburg, J. 1994. Easter Island: archaeology, ecology, and culture. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.

Van Tilburg, J., Kaeppler, A., Weisler, M. et al. 2008. Petrographic analysis of thin-sections of samples from two monolithic statues (moai), Rapa Nui Easter Island. Journal of the Polynesian Society (117):297-300.

Vargas, P., Cristino, C., Izaurieta, R.2006. 1.000 años en Rapa Nui: Arqueología del asentamiento humano en la Isla de Pascua. Santiago: Editorial Universitaria.

Vogt. B., y Moser, J. 2010. Ancient Rapanui Water Management: German Archaeological Investigations in Ava Ranga Uka A Toroke Hau, 2008-2010. Rapa Nui Journal 24(2):18-26.

Weisler, M.1993. Provenance studies of Polynesian basalt adze material: A review and suggestions for improving regional databases. Asian Perspectives 32: 61–83.

Weisler, M. 1998. Hard evidence for prehistoric interaction in Polynesia. Current Anthropology 39: 521–532.

Weisler, M. y Woodhead, J. 1995. Basalt Pb isotope analysis and the prehistoric settlement of Polynesia. Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A. 92 (6): 1881–1885.

Weisler, M. 1997. Prehistoric Long-Distance Interaction in Oceania: An interdisciplinary approach. New Zealand: Archaeological Association Monograph, Auckland.

Yancovic Pakarati, S., Yancovic Pakarati, T., Haoa, S. Pakarati, Simpson Jr. D.F., n.d. Mahana ote Henua - Ka haka haere e maitaki: Short report on the northern coast material clean-up. Paper presented at the 9th International Conference on Easter Island and the Pacific, Berlin, Germany.

Young, F. 2012. Polynesia in Review: Issues and Events, 1 July 2010 – 30 June 2011: Rapa Nui. The Contemporary Pacific 24(1):190-201.

NORMAS DE PUBLICACIÓN
REVISTA ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO

I.- Información general.

1.- "Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso" es una publicación anual del Museo de Historia Natural de Valparaíso, creada el año 1968, indizada en LATINDEX, destinada a publicar trabajos originales e inéditos referidos a temas relacionados con el área de las ciencias naturales, arqueológicas y antropológicas principalmente de la Región de Valparaíso y la Zona Central de Chile, dirigidos a especialistas y a público en general.

2.- Se reciben contribuciones producto de investigaciones originales, que sean un aporte en su campo disciplinario, presentadas por investigadores nacionales o extranjeros, redactadas en castellano o inglés y elaboradas según las normas del presente reglamento; el no cumplimiento de las mismas es razón suficiente para su rechazo. La recepción de los trabajos tiene fecha de cierre el día 30 de abril de cada año.

3.- Los artículos recibidos serán sometidos a una primera revisión por el Comité Editorial estable, el que determinará su aceptación o rechazo. Aquellos artículos que pasen esta primera instancia serán sometidos al juicio crítico de especialistas externos vinculados a la temática del escrito; la opinión de estos expertos será definitiva para la aceptación, modificación o devolución de los trabajos. La aceptación final de un trabajo para su publicación estará condicionada a que se hayan realizado las modificaciones de estilo, forma y contenido que el Editor haya comunicado. Los autores son responsables del contenido y el correcto uso de las referencias que se citen.

4.- Dependiendo de la longitud y el enfoque, se considerarán tres tipos de trabajos: Artículos de investigación son aquellos trabajos originales en torno a una investigación o labor que se realiza, con una extensión máxima de 30 páginas; notas breves, si son artículos con un largo de 4 a 15 páginas; y, en casos especiales, se podrán aceptar revisiones de metodologías, reseñas históricas, recensiones bibliográficas o artículos de opinión de 2 a 4 pàginas. (Ver Especificaciones, punto 1-a).

5.- Los autores deberán enviar a la Dirección del Museo, a la Casilla n° 3208 Correo n° 3 Valparaíso – Chile, o a Calle Condell n° 1546 Valparaíso – Chile, el original de su trabajo para ser sometido a una primera revisión.

6.- Se solicita enviar dos copias en papel y respaldos en formato electrónico en CD (Ver Especificaciones, puntos 1-a y 1-b).

7.- Cuando el trabajo presentado sea aceptado definitivamente, el autor principal recibirá la prueba de imprenta (galera) para la revisión de posibles errores tipográficos de imprenta, la que deberá devolver a la brevedad. En esta etapa no se podrá agregar o quitar páginas, ni se podrá hacer modificaciones a los contenidos ya aceptados. En ningún caso se enviarán segundas pruebas.

8.- Una vez terminado el proceso, el o los autores recibirán un archivo PDF protegido o un disco compacto, con el trabajo editado para uso personal.

II.- Código ético

1.- El autor o autor principal que se hace cargo de la correspondencia, tiene la responsabilidad en todo el proceso editorial y en las interacciones futuras que se deriven de la publicación del trabajo.

2.- Todo autor debe aceptar la redacción final del original que se enviará para su publicación.

3.- Las personas aludidas en los agradecimientos, tienen el derecho de declinar su mención, por lo que los autores tratarán de obtener y documentar su permiso.

4.- Mientras un manuscrito se encuentre en proceso de revisión para su aceptación, no debe ser enviado para su publicación a otras revistas. Tampoco puede ser distribuido en bibliotecas o similares sin el permiso explícito, y por escrito, del Editor.

5.- Los editores considerarán la publicación de un trabajo de acuerdo a los méritos, estructuración adecuada y cumplimiento de las normas de publicación y se reservan el derecho de rechazar aquellos trabajos que, a su juicio, no se ajusten a la política editorial o al nivel de la revista. La aceptación, rechazo o sugerencias y observaciones serán puestas en conocimiento de los autores.

6.- Los manuscritos recibidos se procesarán con la mayor diligencia y no se revelará ninguna información sobre un manuscrito en proceso de revisión o publicación, a ninguna persona fuera del Comité de Expertos o del Asesor al que se le solicite consejo profesional

7.- La información no publicada no podrá ser usada por los editores para su propia investigación, a menos que cuente con el permiso del autor.
8.- El Comité Asesor de Expertos deberá asentar sus juicios por escrito, de manera que los editores y los autores conozcan los argumentos de sus comentarios. No se aceptará la vinculación directa de los autores con algún experto de la Comisión, la existencia de conflictos de interés, ni la falta de nivel de expertisse del revisor con respecto al autor.
9.- Las propuestas de los revisores se comunicarán a los autores, para su aceptación y modificación o discusión. Los autores tendrán un plazo máximo de 30 días para realizar los cambios sugeridos.
10.- Los autores deberán adjuntar una carta autorizando al Museo la publicación del artículo y haciéndose responsable del contenido. El Museo no asume responsabilidad alguna por los dichos, comentarios u opiniones expresadas en el trabajo, los que son de completa responsabilidad del autor y de los coautores.

III.- Especificaciones

1.- Presentación del trabajo

a.- en soporte de papel Los autores deben enviar el original del artículo impreso en papel tamaño carta (21.5 x 27.9cms), por una cara, en fuente Arial 12, sin sangría ni en el texto ni en las referencias citadas (el ordenamiento formal se dejará en manos de la diagramación de la revista). La extensión máxima será de 30 carillas incluyendo todas las secciones y figuras del manuscrito, a uno y medio espacio, con márgenes de 3 cms, numeradas consecutivamente. Las tablas, gráficos, diagramas, planos, mapas y fotografías deben ser entregados en forma independiente al texto, numerados correlativamente y puntualizados en un listado adjunto, con las leyendas respectivas (Ver Especificaciones, punto 3).
b.- en soporte electrónico Los autores deberán además enviar el trabajo respaldados en soporte electrónico, procesado en Microsoft Word. El trabajo se organizará en cuatro archivos:

· Archivo del manuscrito para revisión, en baja resolución y comprimido (JPEG).

· Archivo del manuscrito para la impresión, en alta resolución y sin compresión (TIFF o PDF).

· Archivo de figuras para revisión, en baja resolución y comprimido (JPEG).
· Archivo de figuras para la impresión, en alta resolución y sin compresión (TIFF o PDF).

Entendiendo que:

· Archivo del manuscrito: incluirá el texto principal, las tablas, leyendas y claves, en formato RTF. No insertar las figuras dentro del archivo RTF.

· Archivo de figuras: pueden enviarse hasta 20 ilustraciones, siempre en archivos separados. El autor debe considerar el uso de color adecuado y el tamaño final 20 x 13 cms, ya que estas pueden perder información al ser traspasadas a escala de grises. No guarde las imágenes originales como JPEG, GIF o cualquier otro formato comprimido. (Ver Especificaciones, punto 3-c)

.

2.- Secciones del manuscrito

a.- Titulo: debe exponer el contenido real del trabajo, en forma concisa y si incluye algún nombre científico genérico o específico se deberá indicar el taxón inmediatamente superior. El Editor se reserva el derecho de editar el título previa consulta con los autores.
b.- Autor (es): él o los autores deben colocar su nombre y dos apellidos seguidos de uno o más asteriscos, los que indicarán al pie de página en letra Arial 10 la profesión, grado académico, pertenencia institucional y dirección (postal o electrónica)c.- Resumen y abstract: deben ser concisos e informativos, especificando el objetivo, la metodología, los principales hallazgos y las conclusiones en un máximo de 200 palabras.
d.- Palabras claves y keywords: bajo el resumen y el abstract se propondrán entre dos a seis palabras claves que hagan referencia a los aspectos más destacados del artículo y no estén presentes en el título. El Editor se reserva el derecho de editar las palabras claves previa consulta con los autores.
e- Texto: debe contar con introducción, materiales y método, resultados, discusión y conclusiones. No usar tabulaciones. Para la puntuación: dejar un espacio después de coma(,) y de punto y coma (;) - y dejar dos espacios después de punto (.).

El contenido gráfico será denominado figura en el texto y su lugar tiene que estar claramente identificado en el cuerpo del artículo. Todo el contenido gráfico y la lista de leyendas respectiva deben entregarse en archivo separado, nunca inserta en el manuscrito. (Ver Presentación, en el punto 1-b y Normativa, en el punto 3-c).

El contenido gráfico será denominado figura en el texto y su lugar tiene que estar claramente identificado en el cuerpo del artículo. Todo el contenido gráfico y la lista de leyendas respectiva deben entregarse en archivo separado, nunca inserta en el manuscrito. (Ver Presentación, en el punto 1-b y Normativa, en el punto 3-c).f.- Agradecimientos, deben ser breves y en lo posible debe evitarse el uso de grados académicos. Se sugiere poner el nombre de la persona a la que se agradece y el nombre completo de las instituciones (Corporación Nacional Forestal en lugar de CONAF).

g.- Bibliografia o literatura citada: debe estar relacionada con el texto mediante las citas y notas de pie de página. (Ver Normativas, en el punto 3-d). h.- Anexos (tablas, figuras, leyendas): se pueden incluir hasta 20 imágenes; las fotografías serán consideradas como figuras para su numeración. (Ver Normativas, en el punto 3-c).

3.- Normativa para citas, referencias, ilustraciones, bibliografía

a.- Citas: Las citas en el texto deberán incluir el apellido del autor y el año, si son dos autores se mencionarán los apellidos separados por la palabra ”y” y el año; cuando sean más de dos autores se citará al primero seguido por las palabras “et al”.

b.- Referencias: irán en forma abreviada en el pie de la página y completa al final del texto. En el texto se harán indicando solamente el apellido del autor, el año y la página si es necesario, escritos en letra minúscula excepto la mayúscula inicial. Las citas de diferentes autores deberán separarse por comas. La literatura citada que no corresponda a publicaciones en libros o revistas deberán ser citadas como notas al pie de la página correspondiente, en fuente Arial 10 y con un número correlativo.

c.- Ilustraciones: incluyen dibujos lineales, gráficos, fotografías , mapas, etc. y todos deberán ser llamados Figuras. Todas las figuras deberán venir como archivo aparte. Tanto las figuras como las tablas serán numeradas, en orden correlativo, con números arábigos y se hará referencia a ellas en el texto como “Fig. 1”. El número de cuadros y figuras deberá limitarse al mínimo indispensable para comprender el texto.

- No se aceptarán imágenes insertas en un documento de texto.

- Use la función de tablas del procesador de textos para elaborar las tablas, de este modo tanto celdas como filas y columnas permanecerán alineadas aún cuando se modifique su tamaño. Todas las tablas deben llevar un título descriptivo, de entre 15 a 30 palabras.

- Los gráficos deben ser simples, sin fondo, en archivo Excel, PDF o Adobe Ilustrator, a 500 dpi y tamaño 20 x 13 cms. No se aceptarán gráficos insertos en un documento de texto.

- Las fotografías deben tener al menos 500 dpi, tamaño de impresión de 20 x 13 cms. en formato TIFF, perfil de color RGB. No se aceptarán fotografías en formato JPG o PDF.

- Las fotografías intervenidas con información vectorial, medidas y signos, deben ser enviadas tanto la fotografía original sin intervención como la final, ambas a 500 dpi de tamaño 20 x 13 cms.
- Los textos a pie de foto deberán venir en hoja aparte e indicar la descripción de la foto y el año, el nombre del fotógrafo y tener claramente indicada la ubicación en el artículo.

- Las imágenes en color deben ser escaneadas en modo de colores RGB. Las imágenes originales en blanco y negro (ej. las fotografías) se deben escanear en escala de grises. Los dibujos de líneas se deben escanear en modo blanco y negro (bitmap).

d.- Bibliografía: se presentará en orden alfabético por apellido del primer autor, seguida del año de publicación y el título de la obra. Para las referencias de un mismo autor se seguirá el orden cronológico. El formato para la lista de referencias se ajustará a las siguientes normas:

Libros, tesis y otras monografías:

Albert, F. 1900. Las dunas del centro de Chile. Santiago: Imprenta Cervantes, 228 p.·

· **Artículos o capítulos de libros.**

Castro, C. 2012. Federico Albert y las dunas en Chile. En: Las dunas del centro de Chile (Albert, F). Santiago: Cámara Chilena de la Construcción, pp. 9-24.

· **Artículos de revistas**

Vidal, A. 2010. Evaluación de la evidencia arqueobotánica durante el período formativo en el norte grande de Chile. Revista Werken (12): 61-76.

Stehberg, R. y Sotomayor, G. 2012. Mapocho Incaico. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (61): 85-159.

· **Recursos procedentes de Internet.**

Cita bibliográfica correspondiente. Disponible en < dirección internet> [Consulta: mes, año].